

# L'AGRONOMIE TROPICALE

COMMONWEALTH INST.  
BOTANY LIBRARY

22 JAN 1962

EX. 71A  
PARATE



1961

XVI  
N° 5

Sept.-Oct.



# L'AGRONOMIE TROPICALE

PUBLICATION BIMESTRIELLE

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

Administration : 57, boulevard des Invalides Paris VII<sup>e</sup>. — Tél. : SEG. 25-00

Volume XVI - 1961

NUMÉRO **5** SEPT.-OCT.

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>ÉTUDES ET TRAVAUX :</b>                                                                                                              |     |
| P. ROCHE et J. VELLY. — Études de quelques rotations culturales en rizières sur divers types de sol à Madagascar.....                   | 487 |
| C. CHARREAU. — Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal .....                                                                       | 504 |
| J. CARRÉ. — Régénération et mise en valeur des sols de Tanety (Madagascar) ....                                                         | 562 |
| <b>NOTES ET ACTUALITÉS :</b>                                                                                                            |     |
| G. LABROUSSE. — Compte rendu de la deuxième réunion du Comité interafricain de la mécanisation agricole (Ségou, 10-15 avril 1961) ..... | 572 |
| ANGLADETTE, ARNOUX, DELASSUS, LABROUSSE, SILVESTRE. — Compte rendu du Congrès National des semences (Paris, 12-14 juin 1961).....       | 580 |
| G. BOURIQUET. — La sixième réunion de la Commission Phytosanitaire Interafricaine                                                       | 595 |
| G. BOURIQUET. — Colloque CCTA/FAO sur la lutte contre les mauvaises herbes ..                                                           | 596 |
| M. ROSSIN. — Aspects et étapes de la recherche agronomique en France. La recherche agronomique outre-mer.....                           | 597 |
| S.S. JEAN XXIII — Les récents développements de la question sociale à la lumière de la doctrine chrétienne « Mater et Magistra » .....  | 600 |
| <b>INFORMATIONS DIVERSES</b>                                                                                                            | 605 |
| <b>DOCUMENTATION</b>                                                                                                                    | 607 |
| <b>ACTES OFFICIELS</b>                                                                                                                  | 616 |

|                             | ABONNEMENTS ANNUELS (six fascicules et les suppléments) |                          | Chaque fascicule séparément et le supplément correspondant |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------|
|                             | " L'Agronomie Tropicale "                               | Documentation analytique |                                                            |
| FRANCE ET UNION FRANÇAISE.. | 60 NF                                                   | 7 NF                     | 11 NF                                                      |
| ÉTRANGER .....              | 65 NF                                                   | 8 NF                     | 12 NF                                                      |

Le règlement des abonnements peut être effectué par chèque bancaire ou chèque postal, au compte Paris, n° 15-084-22 au nom de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières, 57, Boul. des Invalides, Paris VII<sup>e</sup>.

Pour la publicité dans **L'AGRONOMIE TROPICALE**, s'adresser à Regico, 12, rue de l'Isly, Paris VII<sup>e</sup>  
Téléph. Laborde : 33-23.



Cliché : A. ANGLADETTE

Station agricole de Bambe (République du Sénégal). Essais en cases lysimétriques.

**Note de la Rédaction.** — Les articles publiés dans *L'Agronomie Tropicale*, quelle que soit la personnalité ou la fonction de leur auteur, n'expriment qu'une opinion personnelle et ne sauraient être considérés comme une indication de la politique ou des intentions du Département.



## ÉTUDE DE QUELQUES ROTATIONS CULTURALES EN RIZIÈRES SUR DIVERS TYPES DE SOL A MADAGASCAR

par

**P. ROCHE**

Directeur de Recherches ORSTOM

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

**J. VELLY**

Maître de recherches principal ORSTOM

Peu d'études de rotations culturales ont été réalisées jusqu'à ce jour à Madagascar. Nous avons essayé de regrouper ici les résultats expérimentaux obtenus par différents services en particulier :

Le service provincial de l'Agriculture de Tananarive.

Le Service de la Recherche Agronomique. Division étude des sols. Fertilisation. Lac Alaotra.

Le Service de la Conservation des Sols. Tananarive.

La CRAM d'Ambatondrazaka.

Tous les projets d'essais, dont il est question dans cette étude, ont toutefois été réalisés par nous.

Nous étudierons successivement les rotations culturales en rizières réalisées :

A) sur alluvions fluviales d'origine ferrallitique au lac Alaotra,

B) sur sol de marais, sols hydromorphes, à Mahitsy (Tananarive) et au lac Alaotra,

C) sur colluvions d'origine basaltique à Betafo.

### A) ESSAIS RÉALISÉS SUR ALLUVIONS FLUVIALES D'ORIGINE FERRALLITIQUE BAIBO (LAC ALAOTRA)

I) L'essai de rotation culturale N° 8 avait pour but d'étudier les rotations culturales suivantes sur quatre ans :

- 1) riz en culture continue pendant quatre ans ;
- 2) trois ans de prairie *Setaria sphacelata*, *Brachiaria brizantha* ; un an de riz ;
- 3) Deux ans de prairie, trèfle violet, trèfle blanc, *Chloris* ; deux ans de riz ;
- 4) un an de culture fourragère, *Melilotus altissima*, trèfle blanc ; un an de riz ;  
un an de culture fourragère, *Melilotus altissima* ; un an de riz.

(\*) Nous tenons à remercier ici tous les responsables des services techniques qui ont bien voulu collaborer à l'implantation de ces essais de rotation culturale et en particulier : Monsieur le Directeur de la Station Agronomique Alaotra, le Chef du Service provincial de l'Agriculture de Tananarive, le Chef du Service provincial des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols à Tananarive.

- 5) riz  
 culture fourragère dérobée } chaque année  
 poursuivie pendant quatre ans

la plante fourragère d'intersaison utilisée était le soja, semé en juillet, récolté en vert en novembre.

- 6) alternance { riz  
 deux ans } culture fourragère dérobée, soja.  
 deux ans { riz  
 engrais vert dérobé, soja.

L'essai a été effectué de 1953-54 à 1956-57.

A la quatrième année de rotation culturale toutes les parcelles étaient cultivées en riz pendant la saison des pluies.

Les rendements moyens en paddy ont été les suivants en tonnes/ha :

|            |           |
|------------|-----------|
| Rotation 1 | 3,6 t/ha  |
| » 2        | 4,48 t/ha |
| » 3        | 3,56 t/ha |
| » 4        | 4,00 t/ha |
| » 5        | 4,00 t/ha |
| » 6        | 3,68 t/ha |

La rotation 2 (trois années de prairies, une année de riz) donne en quatrième année un rendement en paddy significativement supérieur aux rotations 1 (riz en culture continue), 3 (deux années riz, deux années prairies) et 6 (riz fourrage et riz engrais vert alternant).

Les rendements en paille sèche sont de l'ordre de 6 t/ha/an.

Dans le tableau suivant nous avons résumé la production totale de paddy en tonne au cours des quatre années, la production totale de paille de riz, la production totale de fourrage vert, pour chaque rotation culturale. Paille de riz et fourrage vert ont également été exprimés en unités fourragères. On a compté :

- 0,26 unité fourragère par kg de paille de riz.  
 0,12 unité fourragère par kg de fourrage vert *Setaria*, *Brachiaria*.  
 0,15 unité fourragère par kg de fourrage vert *Chloris*.  
 0,13 unité fourragère par kg de fourrage vert (trèfle, mélilot).  
 0,15 unité fourragère par kg de fourrage vert soja.

Ceci d'après l'étude réalisée par M. VAILLANT \*.

| Rotation                                                                | Production en quatre ans |               |                     |                      |        |             |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|----------------------|--------|-------------|
|                                                                         | Paddy en t/ha            | Paille de riz |                     | Fourrage             |        | Total en uf |
|                                                                         |                          | t/ha          | Unité fourragère uf | t/ha                 | uf     |             |
| 1. Riz — riz — riz — riz                                                | 16,07 t                  | 24 t          | 6.240 uf            |                      |        | 6.240       |
| 2. Trois ans prairies ( <i>Brachiaria</i> , <i>Setaria</i> ), un an riz | 4,48 t                   | 6 t           | 1.560 uf            | 100 t (cinq coupes)  | 12.000 | 13.560      |
| 3. Deux ans prairies ( <i>Chloris</i> , trèfle), deux ans riz           | 9,46 t                   | 12 t          | 3.120 uf            | 36 t (quatre coupes) | 5.400  | 8.520       |
| 4. Deux ans fourrages (mélilot, trèfle), deux ans riz                   | 8,00 t                   | 12 t          | 3.120 uf            | 19,2 t               | 2.496  | 5.616       |
| 5. Riz fourrage dérobé soja (quatre ans)                                | 16,52 t                  | 24 t          | 6.240 uf            | 63,3 t               | 9.495  | 15.735      |
| 6. Riz fourrage dérobé soja } deux ans                                  | 16,60 t                  | 24 t          | 6.240 uf            | 31,6 t               | 4.740  | 10.980      |
| riz engrais vert dérobé soja } deux ans                                 |                          |               |                     |                      |        |             |

(\*) Les aliments du bétail à Madagascar. Service de l'Elevage, Tananarive. Composition et valeur fourragère.

La prairie de *Setaria sphacelata* + *Brachiaria brizantha* a fourni, en trois ans, 100 tonnes de fourrages en cinq coupes :

|                 |                 |                            |
|-----------------|-----------------|----------------------------|
| Première année  | première coupe  | 30,8 t/ha de fourrage vert |
| Deuxième année  | deuxième coupe  | 20,4 t/ha —                |
|                 | troisième coupe | 18,2 t/ha —                |
| Troisième année | quatrième coupe | 22,4 t/ha —                |
|                 | cinquième coupe | 8,0 t/ha                   |

La prairie de trèfle blanc, trèfle violet, *Chloris gayana* a fourni en deux ans : 36 tonnes de fourrages verts en quatre coupes :

|                |                 |                           |
|----------------|-----------------|---------------------------|
| Première année | première coupe  | 6,8 t/ha de fourrage vert |
|                | deuxième coupe  | 8,0 t/ha —                |
| Deuxième année | troisième coupe | 14,2 t/ha —               |
|                | quatrième coupe | 7,0 t/ha —                |

Le fourrage melilot, trèfle blanc, a fourni :

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| Première année  | 10,2 t/ha de fourrage vert, |
| Troisième année | 9,0 t/ha de fourrage vert.  |

Le soja en culture dérobée peut produire en moyenne 15,8 t de fourrage vert chaque année.

CONCLUSION. La rotation culturale, qui s'avère la plus intéressante au double point de vue, production de riz et production de fourrages (traduit en unités fourragères) est la rotation 5.

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| riz de saison des pluies           | 16,60 t de paddy.          |
| fourrage dérobé soja d'intersaison | 15.735 unités fourragères. |

Cette rotation assure le plein emploi des sols d'alluvions fluviales d'origine ferrallitique (baïbo).

II) L'essai de rotation culturale N° 5 étudiait sur le même type de sol les rotations culturales suivantes :

- 1) riz pendant quatre ans
- 2) riz + fumure minérale NPK pendant quatre ans
- 3) \ riz  
  / soja engrais vert en culture dérobée (pendant quatre ans)
- 4) deux ans \ riz  
              / blé en culture dérobée
- deux ans \ riz  
                      / soja, engrais vert en culture dérobée.
- 5) \ riz  
  / haricots graines en culture dérobée (pendant quatre ans)
- 6) \ riz  
  / soja, fourrage en culture dérobée (pendant quatre ans),

L'essai a été réalisé de 1953 à 1957.

A la fin du premier cycle de rotation culturale (quatre ans) les rendements en paddy obtenus pour les différents antécédents culturaux ont été les suivants, en tonnes/ha :

|            |           |
|------------|-----------|
| Rotation 1 | 4,80 t/ha |
| Rotation 2 | 4,95 t    |
| Rotation 3 | 5,10 t    |
| Rotation 4 | 4,80 t    |
| Rotation 5 | 4,85 t    |
| Rotation 6 | 5,75 t    |

Statistiquement la production de paddy sur le traitement 6 est significativement supérieure aux traitements 1, 4 et 5.

L'alternance riz-fourrage dérobé, a élevé significativement la production de paddy par rapport aux rotations.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Riz en culture continue | 1 |
| Riz/blé, riz/soja       | 4 |
| Riz/haricots            | 5 |

Nous avons résumé dans le tableau suivant les rendements obtenus en quatre années pour les différentes rotations culturales.

| Rotation                                                                                    | Production en quatre ans       |               |                       |          |       |                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------|----------|-------|------------------------------|
|                                                                                             | Paddy<br>en tonnes<br>hectares | Paille de riz |                       | Fourrage |       | Divers kg/ha                 |
|                                                                                             |                                | tonnes/ha     | Unités<br>fourragères | t/ha     | u f   |                              |
| 1) Riz (quatre ans) .....                                                                   | 17,60                          | 15,15         | 3.939                 |          |       |                              |
| 2) Riz + NPK (quatre ans) .....                                                             | 18,75                          | 15,80         | 4.108                 |          |       |                              |
| 3) Riz<br>soja engrais vert dérobé (quatre<br>ans)                                          | 19,50                          | 16,50         | 4.290                 |          |       |                              |
| 4) Riz<br>blé culture dérobée } deux<br>Riz } ans<br>soja engrais vert dérobé } deux<br>ans | 18,55                          | 15,50         | 4.030                 |          |       | Blé<br>1.030 kg              |
| 5) Riz<br>haricots culture déro- } quatre<br>bée } ans                                      | 18,55                          | 15,50         | 4.030                 |          |       | Haricots<br>grains<br>921 kg |
| 6) Riz<br>soja fourrage dérobé } quatre<br>ans                                              | 19,30                          | 16,50         | 4.290                 | 46,5     | 6.975 |                              |
|                                                                                             |                                |               |                       |          |       | Total<br>en u f              |
|                                                                                             |                                |               |                       |          |       | 3.939                        |
|                                                                                             |                                |               |                       |          |       | 4.108                        |
|                                                                                             |                                |               |                       |          |       | 4.290                        |
|                                                                                             |                                |               |                       |          |       | 4.030                        |
|                                                                                             |                                |               |                       |          |       | 4.030                        |
|                                                                                             |                                |               |                       |          |       | 11.265                       |

Les rendements obtenus en soja fourrage dérobé d'intersaison sont de l'ordre de 11,6 t/ha/an, ils sont relativement faibles, ces terrains, récupérés sur des rizières très anciennement cultivées par le village d'Ambohimanga ne se prêtent guère aux cultures d'intersaison. Ils sont particulièrement pauvres en azote nitrique et en azote ammoniacal.

Cela explique la faiblesse des rendements obtenus en blé Ariana :

400 kg/ha en 1953

630 kg/ha en 1955

et en haricots grains :

250 kg/ha en 1953

200 kg/ha en 1954

321 kg/ha en 1955

150 kg/ha en 1956

CONCLUSION. La rotation culturale qui s'avère à nouveau la plus intéressante au double point de vue production de riz et production de culture dérobée (blé, haricots ou fourrage) est la rotation 6 riz, soja fourrage en culture dérobée.

III) L'essai de rotation N° 21 a permis d'étudier avec de très forts apports d'engrais minéraux l'alternance annuelle :

riz de saison des pluies,

blé Ariana de saison sèche en culture irriguée.

Les apports d'éléments fertilisants suivants ont été réalisés.

|                                | 1953-1954                                                     |                                                                                                       | 1954-1955                                                                     |                                  | 1955-1956                                                              |                                  | 1956-57                                  | 1957-58                                  |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                | Sur blé                                                       | Sur riz                                                                                               | Sur blé                                                                       | Sur riz                          | Sur blé                                                                | Sur riz                          | Sur blé                                  | Sur blé                                  |
| 1) Témoin .                    | néant                                                         | néant                                                                                                 | néant                                                                         | néant                            | néant                                                                  | néant                            | néant                                    | néant                                    |
| 2) N . . . . .                 | 40 kg N<br>au tallage                                         | 200 kg/ha sul-<br>fate $\text{NH}_4$                                                                  | $\text{NO}^3\text{K}$ 100 kg/ha                                               | Mêmes doses d'engrais qu'en 1954 | ammonitrate<br>200 kg/ha                                               | Mêmes doses d'engrais qu'en 1954 | Mêmes doses d'engrais sur blé qu'en 1955 | Mêmes doses d'engrais sur blé qu'en 1955 |
| 3) $\text{N}_2$ . . . . .      | 40 kg N tallage<br>20 kg N florai-<br>son                     | 400 kg/ha sul-<br>fate $\text{NH}_4$                                                                  | $\text{NO}^3\text{K}$ 200 kg/ha                                               |                                  | ammonitrate<br>400 kg/ha                                               |                                  |                                          |                                          |
| 4) $\text{N}_3$ . . . . .      | 40 kg N tallage<br>20 kg N florai-<br>son<br>20 kg N épiaison | 600 kg/ha sul-<br>fate $\text{NH}_4$                                                                  | $\text{NO}^3\text{K}$ 300 kg/ha                                               |                                  | ammonitrate<br>600 kg/ha                                               |                                  |                                          |                                          |
| 5) PK . . . . .                | 60 kg N tallage                                               | 400 kg/ha phos-<br>phate bical.<br>200 kg/ha ClK                                                      | phos. bical 200<br>kg/ha<br>ClK 150 kg/ha                                     |                                  | phos. bical. 400<br>kg/ha<br>ClK 150 kg/ha                             |                                  |                                          |                                          |
| 6) $\text{N}_1\text{PK}$ . . . | 60 kg N tallage<br>25 kg N florai-<br>son                     | 200 kg/ha $\text{SO}_4$<br>$\text{NH}_4$<br>400 kg/ha phos.<br>bical.<br>200 kg/ha ClK                | $\text{NO}^3\text{K}$ 100 kg/ha<br>phos. bical 200<br>kg/ha<br>ClK 150 kg/ha  |                                  | ammonitrate<br>200 kg/ha<br>phos. bical. 400<br>kg/ha<br>ClK 150 kg/ha |                                  |                                          |                                          |
| 7) $\text{N}_2\text{PK}$ . . . | 60 kg N tallage<br>25 kg N florai-<br>son                     | 400 kg/ha $\text{SO}_4$<br>$\text{NH}_4$<br>400 kg/ha phos.<br>bical.<br>200 kg/ha ClK                | $\text{NO}_3\text{K}$ 200 kg/ha<br>phos. bical 200<br>kg/ha<br>ClK 150 kg/ha  |                                  | ammonitrate<br>400 kg<br>phos. bical. 400<br>kg<br>ClK 150 kg          |                                  |                                          |                                          |
| 8) $\text{N}_3\text{PK Ca}$    | 80 kg N tallage                                               | 600 kg/ha $\text{SO}_4$<br>$\text{NH}_4$<br>400 kg/ha phos.<br>bical<br>200 kg/ha ClK<br>1 t/ha chaux | $\text{NO}_3\text{K}$ -300 kg/ha<br>phos. bical 200<br>kg/ha<br>ClK-150 kg/ha |                                  | ammonitrate<br>600 kg/ha<br>phos. bical. 400<br>kg/ha<br>ClK 150 kg    |                                  |                                          |                                          |

Les apports d'engrais minéraux sur riz ont été arrêtés en 1956.

Par contre les apports d'engrais minéraux sur blé ont été poursuivis jusqu'en 1958.

## RENDEMENT BLÉ-ARIANA EN T/HA

|                                  | Intersaison                    |                                                                      |                                            |                               |                           |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|                                  | 1953                           | 1954                                                                 | 1955                                       | 1956                          | 1957                      |
| 1) Témoin . . . .                | 1,366 t                        | 0,829 t                                                              | 0,830 t                                    | 1,180 t                       | 0,737 t                   |
| 2) $\text{N}_1$ . . . . .        | 2,343 t*                       | 1,527 t*                                                             | 1,508 t*                                   | 2,058 t*                      | 1,410 t*                  |
| 3) $\text{N}_2$ . . . . .        | 2,263 t*                       | 1,554 t*                                                             | 2,260 t*                                   | 2,530 t*                      | 1,990 t*                  |
| 4) $\text{N}_3$ . . . . .        | 2,536 t*                       | 1,793 t*                                                             | 2,117 t*                                   | 2,410 t*                      | 1,872 t*                  |
| 5) PK . . . . .                  | 2,250 t*                       | 1,004 t                                                              | 1,662 t*                                   | 2,180 t*                      | 1,021 t                   |
| 6) $\text{N}_1\text{PK}$ . . . . | 2,051 t*                       | 1,084 t                                                              | 1,759 t*                                   | 2,262 t*                      | 1,419 t*                  |
| 7) $\text{N}_2\text{PK}$ . . . . | 2,268 t*                       | 1,580 t                                                              | 2,433 t*                                   | 2,402 t*                      | 2,070 t*                  |
| 8) $\text{N}_3\text{PK Ca}$ . .  | 2,221 t*                       | 1,648 t*                                                             | 2,311 t*                                   | 2,245 t*                      | 2,205 t*                  |
|                                  | non différents en-<br>tre eux. | $\text{N}_1$ et $\text{N}_2$ sont les<br>meilleurs traite-<br>ments. | $\text{N}_2$ est le meilleur<br>traitement | non différents en-<br>tre eux | $\text{N}_2 > \text{N}_1$ |

(\*) Traitements significativement supérieurs au témoin à la probabilité 5 %.

Le traitement N<sub>2</sub> (nitrate de potasse 200 kg/ha ou ammonitrate 400 kg/ha) est toujours significatif et s'avère être le traitement le plus économique pendant les six années d'essai.

Il faut remarquer que, malgré les très fortes doses de fumures minérales utilisées, on n'a jamais pu, avec la variété de blé Ariana, dépasser le rendement de 25 quintaux à l'ha. On se heurte là à un défaut dû à la variété de blé cultivé. Le blé Ariana talle très peu et contient peu de grains par épis.

Pour la bonne réalisation de l'essai, il était cependant indispensable de maintenir la même variété cultivée.

RENDEMENT EN PADDY T/Ha

|                                                                              | 1954     | 1955    | 1956     | arrière action       |          |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|----------|----------------------|----------|
|                                                                              |          |         |          | 1957                 | 1958     |
| 1) Témoin....                                                                | 2,621 t  | 3,390 t | 4,372 t  | 4,475 t              | 5,910 t  |
| 2) N <sub>1</sub> .....                                                      | 3,135 t  | 3,680 t | 5,160 t  | 5,570 t*             | 8,810 t* |
| 3) N <sub>2</sub> .....                                                      | 3,196 t  | 4,035 t | 5,160 t  | 5,002 t              | 6,990 t* |
| 4) N <sub>3</sub> .....                                                      | 3,226 t* | 3,780 t | 5,505 t* | 5,505 t*             | 7,210 t* |
| 5) PK .....                                                                  | 3,724 t* | 4,085 t | 5,340 t* | 5,490 t*             | 7,450 t* |
| 6) N <sub>1</sub> PK ....                                                    | 3,879 t* | 4,335 t | 5,660 t* | 5,105 t*             | 7,470 t* |
| 7) N <sub>2</sub> PK ....                                                    | 3,439 t* | 4,205 t | 4,930 t  | 5,210 t              | 7,190 t* |
| 8) N <sub>3</sub> PK ....                                                    | 3,609 t* | 4,640 t | 5,270 t  | 5,391 t*             | 8,090 t* |
| Variété Makalioka 823                                                        |          |         |          | Variété Makalioka 34 |          |
| (*) Traitements significativement supérieurs au témoin à la probabilité 5 %. |          |         |          |                      |          |

En deuxième année d'arrière-action tous les traitements sont significativement supérieurs au témoin.

Grâce à l'utilisation de la variété Makalioka 34, les rendements en paddy sur les meilleures parcelles ont pu être portés à 8 t/ha.

Les rendements en paddy grâce aux très importants apports de fumure n'ont pas cessé de croître depuis 1953-54.

**CONCLUSION.** Cet essai prouve que sur les alluvions ferrallitiques fluviales (baibo) on a pu arriver à produire annuellement :

8 tonnes de paddy en saison des pluies,

2 tonnes de blé en saison sèche sous irrigation.

Les fumures minérales apportées sont assurément non rentables en début d'opération, mais, si leur arrière-action se fait encore sentir pendant plusieurs années, les apports minéraux ne tarderont pas à devenir rentables. De toutes façons, des rendements de l'ordre de 10 t/ha/an de grains (riz et blé) ne seront obtenus sur ce type de sol qu'à l'aide de fort apport d'engrais minéraux particulièrement d'azote. Le traitement 2 comportant annuellement :

66 kg/ha d'azote sur blé

40 kg/ha d'azote sur riz

est le seul traitement à retenir dans cette expérimentation.

En l'utilisant de façon continue, les plus forts rendements obtenus en Europe sur céréales (riz + blé) peuvent être atteints sur le type de sol considéré.

**IV) L'essai de rotation culturale N° 15** Riz, soja, blé a permis de comparer diverses cultures dérobées en rizières combinées avec des apports d'engrais minéraux.

|                  | Intersaison                   | Saison des pluies   |
|------------------|-------------------------------|---------------------|
| Rotation 1.....  | Soja + NPK fourrage           | Riz                 |
| Rotation 2.....  | Soja + demi dose NPK fourrage | Riz + demi-dose NPK |
| Rotation 3.....  | Soja fourrage                 | Riz + NPK           |
| Rotation 4.....  | Soja fourrage                 | Riz                 |
| Rotation 5.....  | Blé + NPK                     | Riz                 |
| Rotation 6.....  | Blé + demi-dose NPK           | Riz demi-dose NPK   |
| Rotation 7.....  | Blé                           | Riz + NPK           |
| Rotation 8.....  | Blé                           | Riz                 |
| Rotation 9.....  | Néant jachère                 | Riz + NPK           |
| Rotation 10..... | Néant jachère                 | Riz                 |

N = 200 kg/ha. Sulfate d'ammoniaque sur riz ou ammonitrate sur blé.

P = 250 kg/ha. Phosphate bicalcique de 1953-54 à 1955-56.

400 kg/ha. Phosphate bicalcique depuis 1956-57.

K = 200 kg/ha Chlorure de potasse.

Cet essai a été réalisé de 1953 à 1958.

TABLEAU DES RENDEMENTS EN T/Ha

|                                           | 1953-1954             |          | 1954-1955      |          | 1955-1956      |          | 1957-1956      |          | 1957-1958       |          |
|-------------------------------------------|-----------------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|-----------------|----------|
|                                           | Blé<br>Soja           | Riz      | Blé<br>Soja    | Riz      | Blé<br>Soja    | Riz      | Blé<br>Soja    | Riz      | Blé<br>Soja     | Riz      |
| 1) Soja + NPK riz ....                    | Résultats non relevés | 4,978 t* | Soja<br>38 t   | 4,668 t  | Soja<br>33,1 t | 5,080 t  | Soja<br>31,6 t | 6,620 t* | Soja<br>26,30 t | 9,093 t* |
| 2) Soja + demi NPK<br>riz .....           |                       | 5,070 t* | Soja<br>38,8 t | 4,784 t* | Soja<br>26,5 t | 5,710 t  | Soja<br>31,3 t | 6,300 t* | Soja<br>17,80 t | 8,700 t* |
| 3) Soja, riz NPK .....                    |                       | 5,327 t* | Soja<br>38 t   | 4,501 t* | Soja<br>20,8 t | 5,730 t* | Soja<br>28,0 t | 6,662 t* | Soja<br>16,65 t | 8,062 t* |
| 4) Soja, riz .....                        |                       | 5,055 t* | Soja<br>33,3 t | 4,781 t* | Soja<br>16,8 t | 5,460 t* | Soja<br>27,3 t | 6,158 t* | Soja<br>15,85 t | 9,700 t* |
| 5) Blé + NPK riz .....                    |                       | 4,632 t* | Blé<br>1,330 t | 4,328 t* | Blé<br>0,927 t | 5,730 t* | Blé<br>1,905 t | 6,256 t* | Blé<br>1,580 t  | 9,106 t* |
| 6) Blé + demi NPK...<br>Riz + demi NPK .. |                       | 4,771 t* | Blé<br>1,535 t | 4,597 t* | Blé<br>0,640 t | 5,440 t* | Blé<br>1,790 t | 6,018 t* | Blé<br>1,608 t  | 9,556 t* |
| 7) Blé, Riz + NPK....                     |                       | 4,619 t* | Blé<br>1,395 t | 4,300 t* | Blé<br>0,439 t | 5,140 t* | Blé<br>1,310 t | 6,140 t* | Blé<br>1,124 t  | 8,581 t* |
| 8) Blé, riz .....                         |                       | 4,713 t* | Blé<br>1,205 t | 4,466 t* | Blé<br>0,331 t | 4,770 t  | Blé<br>1,510 t | 5,415 t  | Blé<br>0,912 t  | 8,487 t* |
| 9) Néant. Riz + NPK                       |                       | 5,036 t* |                | 4,420 t* |                | 5,230 t* |                | 6,784 t* |                 | 8,500 t* |
| 10) Néant. Riz. Témoin                    |                       | 3,724 t  |                | 3,425 t  |                | 3,920 t  |                | 5,251 t  |                 | 7,450 t  |

Variété cultivée :

MK 823

MK 823

MK 823

MK 823

MK 34

(\*) Traitements supérieurs au témoin (rotation 10) à la probabilité 5 %.

En 1956 et 1957, on observe un fléchissement des rendements en paddy sur la rotation blé-riz sans apport d'engrais (8), seul ce traitement n'est pas significativement supérieur au témoin. En 1958 l'utilisation de la variété de riz Makalioka 34 a très nettement élevé les rendements en paddy, le fléchissement de rendement sur la rotation 8 (blé-riz) est encore net quoique moins marqué.

La rotation culturale soja fourrage/riz (4) prend nettement la tête au point de vue rendement en paddy.

Le tableau ci-joint résume les résultats de l'essai de rotation culturale en cinq ans.

| Rotation                               | Récolte totale en quatre ans en t/ha |                            |                   |
|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------|
|                                        | Blé<br>tonne/ha                      | Soja t/ha<br>Fourrage vert | Paddy<br>tonne/ha |
| 1) Soja NPK, riz .....                 |                                      | 129                        | 30,439            |
| 2) Soja, demi NPK, riz, demi NPK ..... |                                      | 114,4                      | 30,564            |
| 3) Soja, riz, NPK .....                |                                      | 103,4                      | 30,282            |
| 4) Soja, riz .....                     |                                      | 93,2                       | 31,151            |
| 5) Blé, NPK, riz .....                 | 5,742                                |                            | 30,052            |
| 6) Blé, demi NPK, riz, demi NPK .....  | 5,573                                |                            | 30,352            |
| 7) Blé, riz, NPK .....                 | 5,268                                |                            | 28,880            |
| 8) Blé, riz .....                      | 3,958                                |                            | 27,851            |
| 9) Néant, riz, NPK .....               |                                      |                            | 29,970            |
| 10) Néant, riz .....                   |                                      |                            | 23,670            |

|                                        | Rendement moyen t/ha/an |                    |       |
|----------------------------------------|-------------------------|--------------------|-------|
|                                        | Blé                     | Soja fourrage vert | Paddy |
| 1) Soja NPK, riz .....                 |                         | 32,2               | 5,980 |
| 2) Soja, demi NPK, riz, demi NPK ..... |                         | 22,8               | 6,112 |
| 3) Soja, riz NPK .....                 |                         | 20,6               | 6,056 |
| 4) Soja, riz .....                     |                         | 18,6               | 6,230 |
| 5) Blé NPK, riz .....                  | 1,435                   |                    | 6,010 |
| 6) Blé demi NPK, riz, demi NPK .....   | 1,393                   |                    | 6,070 |
| 7) Blé, riz NPK .....                  | 1,317                   |                    | 5,770 |
| 8) Blé, riz .....                      | 0,989                   |                    | 5,570 |
| 9) Néant, riz NPK .....                |                         |                    | 5,994 |
| 10) Néant, riz .....                   |                         |                    | 4,734 |

**CONCLUSION.** Compte tenu des faibles rendements obtenus en blé Ariana en contre-saison (1,400 t/ha au maximum), il semble que la rotation culturale la plus économique et la plus rentable soit la double culture annuelle soja fertilisé (NPK) riz (traitement 1).

L'apport de fourrage vert, soja en octobre-novembre à l'époque, où se pose avec le plus d'acuité le problème de la nourriture du bétail, doit permettre la réalisation d'un élevage rationnel.

Toutefois si le blé pouvait trouver un débouché intéressant et surtout si des rendements supérieurs à 15 quintaux/ha pouvaient être obtenus la rotation 5 : blé fertilisé, (NPK), riz pourrait être économiquement applicable.

L'apport d'engrais minéraux sur blé pourrait d'ailleurs se limiter à l'azote (66 kg/ha d'azote en provenance de l'ammonitrate) ainsi que l'a prouvé l'essai de rotation N° 21 analysé ci-dessus.

**V) L'essai de rotation culturale N° 19** avait pour but de mettre au point les apports d'engrais minéraux à réaliser dans la double culture annuelle en rizière : engrais vert soja, riz.

Les traitements suivants étaient étudiés

|    | Intersaison                                         | Saison                                             |                                                                                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) | Soja + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> | Riz                                                | ENGRAIS APPORTÉS SUR SOJA<br>N <sub>1</sub> ammonitrate 200 kg/ha à 33 %<br>P <sub>1</sub> phosphate bicalcique 250 kg/ha à 40 %<br>K <sub>1</sub> sulfate potasse 100 kg/ha à 50 %             |
| 2) | Soja + N <sub>1</sub>                               | Riz                                                |                                                                                                                                                                                                 |
| 3) | Soja + P <sub>1</sub>                               | Riz                                                |                                                                                                                                                                                                 |
| 4) | Soja                                                | Riz + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> | ENGRAIS APPORTÉS SUR RIZ<br>N <sub>2</sub> sulfate d'ammoniaque 300 kg/ha à 20 %<br>P <sub>2</sub> phosphate tricalcique 400 kg/ha à 25 %<br>K <sub>2</sub> sulfate de potasse 100 kg/ha à 50 % |
| 5) | Soja                                                | Riz + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>                |                                                                                                                                                                                                 |
| 6) | Soja                                                | Riz + P <sub>2</sub>                               |                                                                                                                                                                                                 |
| 7) | Néant                                               | Riz + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> |                                                                                                                                                                                                 |
| 8) | Néant                                               | Riz                                                |                                                                                                                                                                                                 |

Au cours de quatre années d'expérimentation on a pu observer les rendements suivants en fourrage vert soja et en paddy :

RENDEMENT EN FOURRAGE VERT SOJA ET PADDY (EN TONNES/HA)

|                                                                | 1954-1955 |         | 1955-1956 |        | 1956-1957 |         | 1957-1958 |         | Moyenne |      |
|----------------------------------------------------------------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|---------|---------|------|
|                                                                | Soja      | Riz     | Soja      | Riz    | Soja      | Riz     | Soja      | Riz     | Soja    | Riz  |
| 1) Soja + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> riz ..  | 42,2      | 4,720*  | 29,5      | 4,880* | 29,0      | 4,720*  | 21,0      | 8,073*  | 30,4    | 5,59 |
| 2) Soja + N <sub>1</sub> riz .....                             | 37,3      | 4,840*  | 29,2      | 4,760* | 27,6      | 5,440*  | 14,0      | 8,073*  | 27,0    | 5,77 |
| 3) Soja + P <sub>1</sub> riz .....                             | 37,3      | 4,520*  | 27,2      | 5,150* | 27,8      | 5,280*  | 16,8      | 7,986*  | 27,2    | 5,73 |
| 4) Soja, riz + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> .. | 40,52     | 5,400** | 26,7      | 4,240* | 26,8      | 5,760** | 15,9      | 8,260** | 27,4    | 5,91 |
| 5) Soja, riz + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> ...               | 41,44     | 4,280*  | 26,7      | 4,880* | 30,6      | 5,720** | 17,3      | 8,266** | 29,0    | 5,78 |
| 6) Soja, riz + P <sub>2</sub> .....                            | 40,72     | 4,400*  | 26,1      | 4,200* | 32,3      | 4,720*  | 16,7      | 8,026*  | 28,8    | 5,33 |
| 7) Néant, riz + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>   |           | 4,020*  |           | 4,200* |           | 5,000*  |           | 7,366*  |         | 5,14 |
| 8) Néant, riz .....                                            |           | 3,080   |           | 2,720  |           | 3,280   |           | 5,800   |         | 3,72 |
| Variétés cultivées ....                                        |           | MK 823  |           | MK 823 |           | MK 823  |           | MK 823  |         |      |

(\*) Traitements significativement supérieurs au témoin.

(\*\*) Traitements supérieurs à d'autres traitements.

En dernière année d'essai les traitements soja, riz NPK et soja, riz NP viennent en tête et sont significativement supérieurs au traitement riz NPK.

Cette supériorité se retrouve d'ailleurs en 1956-57. Au point de vue production de soja fourrage vert, il semble que la date d'apport des engrais minéraux ait peu d'influence sur le rendement.

CONCLUSION. La fumure minérale la plus économique sur la double culture annuelle soja, riz est la formule NP (sulfate d'ammoniaque 200-300 kg/ha, phosphate tricalcique 400 kg/ha) apportée sur riz.

On pourrait se limiter peut-être à l'apport de N (traitement 2).

Les rendements moyens en soja fourrage vert, au cours des quatre années d'essai, oscillent entre 27 et 30 t/ha, ils sont peu influencés par les apports de fumure minérale.

Au cours des quatre années d'essai le traitement soja-riz NPK (4) produit en moyenne chaque année 2,200 t de paddy de plus que le traitement témoin ; le traitement soja + N riz (2) produit en moyenne chaque année 2 t de paddy de plus que le traitement témoin.

Ces augmentations de rendement sont hautement significatives.

VI) Essai de rotation N° 20. Divers essais ont fait alterner des Légumineuses fourragères, cultivées en intersaison, avec le riz cultivé en saison des pluies.

|                     | Intersaison   | Saison |
|---------------------|---------------|--------|
| Traitement 1) ..... | Soja          | Riz    |
| 2) .....            | Trèfle violet | Riz    |
| 3) .....            | Trèfle blanc  | Riz    |
| 4) .....            | Mélicot       | Riz    |
| 5) .....            | Néant         | Riz    |

Il n'y a jamais eu d'apports d'engrais et les fourrages ont été exportés chaque année (fauchage à la floraison) :

RENDEMENT EN FOURRAGE VERT ET EN PADDY  
(tonnes/hectare)

|                                                         | 1954-1955 |       | 1955-1956 |       | 1956-1957 |        | 1957-1958 |        | Moyenne  |       |
|---------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|----------|-------|
|                                                         | Fourrage  | Riz   | Fourrage  | Riz   | Fourrage  | Riz    | Fourrage  | Riz    | Fourrage | Riz   |
| Soja, riz .....                                         | 38,5      | 3,770 | 17,8      | 4,300 | 21,0      | 5,437* | 14,0      | 8,695* | 22,8     | 5,500 |
| Trèfle violet, riz ...                                  | 13,0      | 3,400 | 4,3       | 3,991 | 12,6      | 5,502* | 11,4      | 8,345* | 10,3     | 5,309 |
| Trèfle blanc, riz ....                                  | 3,5       | 3,133 | 4,35      | 4,320 | 5,90      | 5,475* | 12,10     | 8,327* | 6,4      | 5,313 |
| Melilot, riz .....                                      | 6,5       | 3,379 | 8,5       | 4,075 | 22,3      | 5,115* | 10,5      | 8,045* | 11,9     | 5,163 |
| Témoin, riz .....                                       |           | 3,136 |           | 3,987 |           | 4,410  |           | 6,955  |          | 4,619 |
|                                                         |           |       |           |       |           |        |           |        |          |       |
| Variétés riz                                            | MK 823    |       | MK 823    |       | MK 823    |        | MK 34     |        |          |       |
| (*) Traitements significativement supérieurs au témoin. |           |       |           |       |           |        |           |        |          |       |

Accroissement des rendements en paddy en kg/ha par rapport au témoin pour les deux dernières années d'essai :

|                         | 1956-1957 | 1957-1958 |
|-------------------------|-----------|-----------|
| Soja, riz .....         | 1.027 kg  | 1.740 kg  |
| Trèfle violet/riz ..... | 1.092 kg  | 1.390 kg  |
| Trèfle blanc/riz .....  | 1.065 kg  | 1.372 kg  |
| Melilot/riz .....       | 705 kg    | 1.090 kg  |
| Néant/riz .....         | témoin    | témoin    |

L'influence des Légumineuses fourragères, pour lesquelles la partie aérienne est exportée comme fourrage vert, alors que les racines retournent au sol, après l'avoir enrichi par leurs nodosités, se fait nettement sentir sur les rendements en paddy à partir de la troisième année de culture dérobée.

Le soja fourrage vient en tête et fournit à la fois les plus forts tonnages de fourrages verts (22,8 t/ha en moyenne) et les plus fortes augmentations de rendement en paddy par rapport au témoin.

Trèfle violet et melilot fournissent ensuite les plus forts rendements de fourrage vert. Il faut constater que les rendements en vert de trèfle et de melilot vont en s'améliorant au cours des années. Le melilot en particulier a atteint, en 1957-58, sur des parcelles voisines de l'essai, des rendements de l'ordre de 25 t/ha de fourrage vert.

Le melilot annuel « *Melilotus altissima* » est utilisé, cette Légumineuse fournit abondamment des graines.

CONCLUSION. Cet essai confirme les résultats obtenus par les essais de rotation culturale (essai N° 15) en particulier.

Le soja fourrage, restituant au sol les parties radiculaires riches en nodosités fixatrices d'azote, arrive à élever très significativement les rendements en paddy. Les augmentations de rendement en paddy par la culture dérobée de soja fourrage sont de l'ordre de 1,7 t/ha dans l'essai actuel N° 20, et de 1,5 t/ha dans l'essai N° 15 déjà décrit.

Les autres Légumineuses tempérées : trèfle et melilot produisent un tonnage de fourrage vert moins important, mais arrivent à élever très significativement les rendements en paddy. Le trèfle violet et le trèfle blanc, Légumineuses pluriannuelles devraient être laissés plusieurs années sur le terrain (rotation : riz, — prairie).

Le melilot par contre doit pouvoir utilement se comparer au soja.

## B.) ESSAIS RÉALISÉS SUR SOLS HYDROMORPHES. MAHITSY (TANANARIVE) ET LAC ALAOTRA

I) **L'essai 6<sup>e</sup> série.** Rotation culturale réalisée à Mahitsy a permis d'étudier les rotations suivantes :

|         | Intersaison | Saison des pluies |
|---------|-------------|-------------------|
| 1 ..... | Soja + NPK  | Riz               |
| 2 ..... | Soja        | Riz + NPK         |
| 3 ..... | Soja        | Riz               |
| 4 ..... | Blé + NPK   | Riz               |
| 5 ..... | Blé         | Riz + NPK         |
| 6 ..... | Blé         | Riz               |
| 7 ..... | Néant       | Riz + NPK         |
| 8 ..... | Néant       | Riz. Témoin       |

N = sulfate d'ammoniaque 150 kg/ha.

P = phosphate tricalcique 300 kg/ha

K = chlorure de potasse 100 kg/ha

Le soja est considéré comme plante fourragère, partie aérienne exportée.

### RENDEMENTS EN kg/ha

|                         | 1954-1955    |        | 1955-1956    |        | 1956-1957    |        | Moyenne |
|-------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|---------|
|                         | Fourrage blé | Paddy  | Fourrage blé | Paddy  | Fourrage blé | Paddy  | Paddy   |
| 1) Soja NPK, riz .....  | Soja 3.320   | 1.229  | Soja 1.364   | 1.694* | Soja néant   | 2.630* | 1.851   |
| 2) Soja, riz NPK .....  | Soja 5.200   | 1.125  | Soja 1.004   | 1.261* | Soja néant   | 1.484  | 1.290   |
| 3) Soja, riz .....      | Soja 3.240   | 1.170  | Soja 784     | 866    | Soja néant   | 1.507  | 1.156   |
| 4) Blé NPK, riz .....   | Blé néant    | 1.458* | Blé 128      | 1.886* | Blé 102      | 2.232* | 1.855   |
| 5) Blé, riz NPK .....   | Blé néant    | 1.136  | Blé 44       | 967    | Blé 42       | 2.260* | 1.554   |
| 6) Blé, riz .....       | Blé néant    | 1.143  | Blé 40       | 891    | Blé 30       | 1.650  | 1.228   |
| 7) Néant, riz NPK ..... |              | 1.251  |              | 1.762* |              | 2.363* | 1.792   |
| 8) Néant, riz .....     |              | 713    |              | 810    |              | 953    | 825     |

(\*) Traitements significativement supérieurs au témoin.

La gelée du 19 août 1956 a anéanti le soja cultivé sur les parcelles 1, 2 et 3.

Le blé n'a jamais donné de résultat en contresaison à Mahitsy. Cette culture dérobée doit être abandonnée. Cependant le fait de cultiver le sol pendant l'intersaison amène une légère augmentation (non significative) de la production de paddy.

Le soja donne de faibles rendements en fourrage vert, il produit au maximum 5 t/ha, mais la gelée d'août peut, certaines années, anéantir ce fourrage. Il semble préférable d'apporter la fumure minérale NPK sur la culture dérobée. Le traitement 1 soja NPK, riz amène, en troisième année d'essai, par rapport au témoin, une augmentation de rendement en paddy de 1677 kg/ha ; la fumure minérale NPK apportée seule sur riz, sans culture dérobée de soja en intersaison, a élevé le rendement en paddy par rapport au témoin de 1410 kg/ha.

La culture dérobée de soja ne peut donc pas être conseillée utilement à cause des conditions écologiques de Mahitsy-Tananarive.

La faiblesse des rendements obtenus en paddy met l'accent sur la faiblesse originelle des sols de la plaine de Mahitsy.

II) **L'essai 12<sup>e</sup> série.** Mahitsy. Rotation culturale a permis d'étudier les rotations culturales indiquées dans le tableau ci-dessous.

Les apports d'engrais et les rendements obtenus en avoine et en paddy sont également exprimés, dans le tableau suivants, en kg/ha.

| Intersaison                                                                         | Saison      | Rendement en kg/ha |                      |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|----------------------|--------|
|                                                                                     |             | Avoine grain       | Avoine fourrage vert | Paddy  |
| 1) Néant.....                                                                       | Riz + F NPK |                    |                      | 1.924* |
| 2) Avoine fourrage + F NPK .....                                                    | Riz         |                    | 4.990                | 1.308* |
| 3) Avoine fourrage + F N <sub>2</sub> PK .....                                      | Riz         |                    | 6.480                | 1.457* |
| 4) Avoine grain + F NPK .....                                                       | Riz         | 704                |                      | 1.868* |
| 5) Avoine grain + F <sub>2</sub> N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> ..... | Riz         | 1.380              |                      | 2.189* |
| 6) Néant.....                                                                       | Riz         |                    |                      | 742    |

\* Traitement significativement supérieur au témoin.

F<sub>1</sub> = 5 t/ha fumier de ferme

F<sub>2</sub> = 10 t/ha fumier de ferme

N<sub>1</sub> = 30 kg d'azote/ha

N<sub>2</sub> = 60 kg d'azote/ha

K<sub>1</sub> = 75 kg/ha K<sub>2</sub>O/ha

K<sub>2</sub> = 150 kg/ha K<sub>2</sub>O/ha

P<sub>1</sub> = 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

P<sub>2</sub> = 200 kg —

La culture dérobée d'avoine semble être à Mahitsy une spéculation intéressante.

Récoltée en grains l'avoine fournit, avec la fumure FNPK : 704 kg de grains et 1.126 kg de paille, avec la fumure F<sub>2</sub>N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> : 1.380 kg de grains et 1.630 kg de paille.

Cette culture dérobée présente un réel intérêt fourrager.

L'essai n'est pas assez ancien pour juger de l'action de la culture dérobée sur le rendements en paddy.

III) L'essai N° 3. Fumure organique et mixte a été réalisée au lac Alaotra, PC. 23 ; Ambohidrony (secteur d'expérimentation sur sols de marais, sur sol hydromorphe évolué série Behengitra.

De cet essai plus complexe nous pouvons retirer les quatre traitements suivants :

| INTERSAISON             | SAISON                                  |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| Engrais vert soja + NPK | Riz N = 150 kg/ha suflate d'ammoniaque  |
| Engrais vert soja       | Riz P = 500 kg/ha phosphate tricalcique |
| Néant                   | Riz K = 200 kg/ha chlorure de potasse   |
| Néant                   | Riz témoin                              |

Les rendements en matière verte (soja enfoui) ont été de l'ordre de 5 à 8 t/ha de matière verte.

RENDEMENT EN PADDY t/ha

|                        | 1954-1955 | 1955-1956 | 1956-1957           | 1957-1958 |
|------------------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|
| Soja, NPK riz .....    | 5,880*    | 4,396*    | 2,053               | 5,406**   |
| Soja, riz .....        | 5,260*    | 3,550*    | 2,166               | 4,696*    |
| Néant, riz + NPK ..... | 5,493*    | 4,076*    | 2,453               | 4,545*    |
| Néant, riz.....        | 3,853     | 2,496     | 1,826               | 3,663     |
|                        |           |           | année à piriculaire |           |

(\*) Rendements significativement supérieurs au témoin.

(\*\*) Traitements supérieurs à tous les autres traitements.

Après quatre années d'essais le traitement, soja + NPK est significativement supérieur à tous les autres traitements. On a donc intérêt à développer cette culture d'intersaison sur les sols de marais évolué série Behengitra.

Un nouvel essai (N° 10) réalisé en 1958 dans le même esprit a permis de se rendre compte que la dose suivante d'engrais minéraux apportée au soja était suffisante :

$N_1 = 50$  kg/ha sulfate d'ammoniaque

$P_2 = 200$  kg/ha phosphate tricalcique

$K_1 = 50$  kg/ha chlorure de potasse.

Le traitement soja +  $N_1P_2K_1$  a donné un rendement en riz de 6,216 t/ha.

Le traitement soja seul a donné un rendement de 5,216 t/ha,

le témoin riz sans enfouissement d'engrais vert a fourni 4,425 t/ha de paddy,

Le traitement soja +  $N_1P_2K_1$  apportant, par rapport au témoin, un supplément de rendement de 1,791 t/ha est rentable.

IV) L'essai N° 7 réalisé au lac Alaotra Ambohidrony sur sol de marais tourbeux, série Ankarafa (sols peu évolués) a permis de comparer les alternances de cultures suivantes :

| Intersaison                                                                        | Saison     |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1) Soja fourrage.....                                                              | riz        |
| 2) Soja fourrage sur enfouissement de paille de riz de la précédente récolte ..... | riz        |
| 3) Soja fourrage.....                                                              | riz + NPK  |
| 4) Soja fourrage sur enfouissement de paille de riz .....                          | riz + NPK  |
| 5) Soja fourrage + fumier de ferme 10 t/ha.....                                    | riz        |
| 6) Soja engrais vert .....                                                         | riz        |
| 7) Soja engrais vert sur enfouissement de paille de riz .....                      | riz        |
| 8) Soja engrais vert .....                                                         | riz + NPK  |
| 9) Soja engrais vert sur enfouissement de paille de riz .....                      | riz + NPK  |
| 10) Soja engrais vert + fumier de ferme 10 t/ha .....                              | riz        |
| 11) Néant .....                                                                    | riz + NPK  |
| 12) Néant .....                                                                    | riz témoin |

$N = 300$  kg/ha sulfate ammoniacal ;  $P = 500$  kg/ha phosphate tricalcique ;  $K = 100$  kg/ha chlorure de potasse.

Les pesées de soja fourrage vert exporté, ou engrais vert enfoui ont indiqué que, sur ce type de sol, le soja pouvait fournir en intersaison un rendement en vert de l'ordre de 16 t/ha ; il n'y a pas de différences significatives entre les traitements (apport de fumier de ferme ou enfouissement de paille).

Les rendements en paddy en 1958 ont été les suivants :

| TRAITEMENTS                                                      | t/ha  |
|------------------------------------------------------------------|-------|
| 9) Soja engrais vert sur enfouissement de paille/riz + NPK ..... | 4,473 |
| 8) Soja engrais vert/riz + NPK .....                             | 4,333 |
| 10) Soja engrais vert sur fumier/riz .....                       | 4,266 |
| 7) Soja engrais vert sur enfouissement de paille de riz .....    | 4,080 |
| 4) Soja fourrage sur enfouissement de paille/riz + NPK .....     | 4,080 |
| 3) Soja fourrage/riz + NPK .....                                 | 3,913 |
| 2) Soja fourrage sur enfouissement de paille/riz .....           | 3,780 |
| 6) Soja engrais vert/riz .....                                   | 3,680 |
| 11) Néant/riz + NPK .....                                        | 3,613 |
| 5) Soja fourrage sur fumier/riz .....                            | 3,493 |
| 1) Soja fourrage/riz .....                                       | 3,253 |
| 12) Néant/riz témoin .....                                       | 2,873 |

Le traitement 9 est supérieur à tous les autres traitements sauf 8 et 10.

Tous les traitements sont significativement supérieurs au témoin. Les traitements soja engrais vert viennent en tête distançant les traitements soja fourrage.

Le traitement 9 enfouissement de paille, enfouissement d'engrais vert soja (16 t/ha), apport d'engrais minéraux NPK sur riz, amène, par rapport au témoin, un supplément de rendement de 1,600 t de paddy. Ce traitement est rentable de justesse.

Le traitement le plus économique est le 7, enfouissement de la paille de riz provenant de la récolte précédente, enfouissement de soja engrais vert (16 t/ha) culture de riz. Ce traitement apporte par rapport au témoin un supplément de rendement de 1,207 t/ha.

Si on exporte le soja (traitement 2) cultivé sur enfouissement de paille de riz, on peut utiliser d'abord 16 t de fourrage vert, soit 2.400 unités fourragères et on élève le rendement en paddy par rapport au témoin de 907 kg/ha. Ce traitement est peut-être le plus rentable.

V) **Essai de culture dérobée de blé Ariana** réalisé en rizière à la CRAM d'Ambatondrazaka. Sur sol de marais évolué. Sur la série Ambohiboatavo (sols hydromorphes particulièrement riches en bases échangeables) on a obtenu les rendements suivants :

RENDEMENTS EN BLÉ (GRAINS) kg/ha.

| Traitements                                                                                   | Intersaison 1954 | Intersaison 1955 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| 1) N <sub>1</sub> nitrate de potasse 200 kg/ha .....                                          | 1.270            | 1.246            |
| 2) N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> nitrate de potasse 200 kg/ha, phosphate bicalcique 300 kg/ha | 1.440            | 1.208            |
| 3) N <sub>2</sub> nitrate de potasse 400 kg/ha .....                                          | 1.250            | 1.220            |
| 4) N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> nitrate de potasse 400 kg/ha, phosphate bicalcique 600 kg/ha | 1.130            | 994              |
| 5) Témoin .....                                                                               | 1.080            | 797              |

De nombreux dégâts sont causés chaque année par les rats et les oiseaux ; il ressort de cet essai que la culture du blé en intersaison sur ces sols particulièrement fertiles ne permet pas de dépasser 10 quintaux/ha sans apport d'en rais, et 12,5 quintaux/ha avec un apport de nitrate de potasse (200 kg/ha).

Sur le même type de sol, on a obtenu 17 t/ha de soja fourrage vert, qui, après fenaison et mise en bottes, fournissait 2 t/ha d'un excellent fourrage sec.

Le melilot, l'*Eragrostis abyssinica*, le *Medicago hispida*, l'*Avena elatior*, le trèfle violet donnent également en intersaison sur ce type de sol des résultats intéressants.

La culture de la pomme de terre réalisée sur rizière en intersaison a permis d'atteindre avec un apport de fumier de ferme de 25 t/ha des rendements en tubercules de l'ordre de 10 à 12 tonnes ha.

### C) ESSAIS RÉALISÉS SUR COLLUVIONS D'ORIGINE BASALTIQUE A BETAFO (Province de Tananarive).

A Andepombe-Betafo a été réalisé l'essai suivant de culture dérobée en rizières :

| INTERSAISON                     | SAISON |
|---------------------------------|--------|
| 1) Soja fourrage .....          | riz    |
| 2) Chou fourrager .....         | riz    |
| 3) Sarrasin fourrage vert ..... | riz    |
| 4) Avoine graine .....          | riz    |
| 5) Avoine fourrage vert .....   | riz    |
| 6) Blé .....                    | riz    |
| 7) Néant .....                  | riz    |

Toutes les parcelles cultivées en intersaison ont été fertilisées à raison de :

10 t/ha de fumier de ferme,  
200 kg/ha de nitrate de potasse,  
300 kg/ha de phosphate tricalcique.

On a obtenu avec le blé Ariana des rendements :

en grains de 12,6 quintaux/ha,  
en paille sèche de 2,73 t/ha.

L'avoine a donné des rendements de 23,3 quintaux/ha en grain.

L'avoine fourrage coupée en vert a donné 11 t/ha de fourrage vert.

Le soja n'a donné que des résultats médiocres 5,5 t/ha fourrage vert.

Le sarrasin, coupé en vert, a fourni une récolte de 2,4 t/ha de fourrage.

Le chou fourrager a fourni 7,4 t/ha de matière verte.

Il faut noter que les parcelles de chou fourrager ont été très parasitées par les chenilles.

Dans les conditions écologiques de Betafo, l'avoine grain ou l'avoine fourrage semble donner les meilleurs résultats en cultures dérobées.

Le chou fourrager, à condition de pouvoir lutter efficacement contre les chenilles parasites, pourrait également s'avérer intéressant.

**CONCLUSIONS. RÉSUMÉ.** — Regroupement en une étude de synthèse des résultats expérimentaux obtenus par différents services de Madagascar :

*Service provincial de l'agriculture de Tananarive. Recherche agronomique (division, étude des sols, fertilisation. Lac Alaotra). Service de conservation des sols. CRAM d'Ambatondrazaka.*

*Tous les essais rapportés donnent lieu à la détermination des rendements en fourrages verts (dont paille de riz) et en grains (riz, blé, avoine, etc...). Mais l'étude de l'évolution des sols au cours de ces essais n'est pas abordée.*

*Les conclusions générales sont les suivantes :*

1) *Au lac Alaotra sur alluvions fluviales d'origine ferrallitique. La rotation culturale qui s'avère la plus intéressante au double point de vue production de paddy et production de fourrage est la double culture :*

*Soja fourrage en intersaison,*

*Riz en saison des pluies.*

*La culture dérobée du blé nécessite sur ce type de sol, de forts apports d'azote nitrique (60 kg d'azote par an et par hectare). De plus avec la variété Ariana, il n'a pas été possible de dépasser des rendements de l'ordre de 20 q/ha.*

*La fumure minérale la plus économique sur la double culture soja-riz est la formule NP apportée sur riz :*

*N = 200 kg/ha sulfate d'ammoniaque,*

*P = 400 kg/ha de phosphate tricalcique.*

*On pourrait se limiter à la formule de fumure N 200 kg/ha d'ammonitrate apporté sur soja. Les rendements moyens en soja fourrage vert atteignent 27 à 30 t/ha. Les augmentations de rendement en paddy par la culture dérobée de soja fourrager sont de l'ordre de 1,5 t/ha, sans apport complémentaire de fumure minérale.*

*D'autres Légumineuses annuelles pourraient être utilisées avec succès en intersaison : le melilot, la vesce. Les Légumineuses pluriannuelles comme le trèfle violet, le trèfle blanc Ladino, doivent être réservées à l'établissement de prairies temporaires en rotation avec le riz.*

2) *Sur les sols de marais au lac Alaotra, le soja engrais vert donne encore les meilleurs résultats en culture dérobée sur rizière, avec un léger complément minéral : N = 10 kg ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 50 kg ; K<sub>2</sub>O = 25 kg il peut donner par rapport au témoin un supplément de rendement de 1,79 t/ha en paddy.*

*La restitution de la paille à la rizière, l'enfouissement de soja, engrais vert, apporte par rapport au témoin un supplément de rendement de 1,7 t/ha en paddy.*

*La production de soja fourrage vert varie de 5 à 15 t/ha selon le degré de fertilité des sols de marais.*

*Sur les sols hydromorphes de Mahitsy Tananarive. Soja et blé en culture dérobée ne donnent aucun résultat, l'avoine par contre peut donner des rendements en grains de 13,8 q/ha et des rendements en fourrage vert de 6,48 t/ha, grâce à un apport de fumure complète : fumier de ferme 10 t/ha + NPK.*

3) *Sur les colluvions basaltiques de Betafo. C'est l'avoine qui vient encore en tête en culture dérobée sur les rizières en gradins. Elle peut donner 23,3 q/ha de grains et 11 t/ha de fourrage vert.*

**SUMMARY.** — *The regrouping into one concise study of all the experimental results obtained by various departments in Madagascar : The provincial department of agriculture of Tananarivo, Agricultural Research (department for the study of soil, fertilization, Lake Alaotra). Department for the preservation of soils CRAM of Ambatondrazaka.*

*All the tests reported concern the determination of yield of grass (e. g. rice straw) and grain (rice, wheat, oats etc.). But the study of the evolution of the soils throughout these tests was not dealt with.*

*The general conclusions were the following :*

1) *At Lake Alaotra on river deposits of ferruginous origin.*

The rotation of crops that proved to be the most interesting both from the point of view of production of paddy and production of fodder is the double crop :

Fodder soya in the off-season  
rice in the rainy season.

The snatch-crop of wheat, on this type of soil, requires considerable additions of nitric nitrogen (60 kg of nitrogen per year and per hectare).

Furthermore, as far as the Ariana variety is concerned, it was not possible to obtain yields of more than about 20 q/ha.

The most economical chemical dressing for the annual double crops, soya-rice, is the NP combination added to the rice.

N : 200 kg/ha of ammonium sulphate.

P : 400 kg/ha of tricalcium phosphate.

One could confine oneself to the addition of the N dressing only, 200 kg/ha of ammonium nitrate to the soya crop. The average yield of fodder soya ranges from 27 to 30 t/ha. The increases in yield of paddy by the snatch-crop of fodder soya are about 1,5 t/ha, without any further addition of chemical dressing.

Other annual Leguminosae could be used with success in the off-season : melilot and vetch. The pluriannual Leguminosae such as the purple clover, and the white Ladino clover, should be reserved for forming the temporary grass lands in rotation with rice.

2) In the marsh-lands of Lake Alaotra, the soya manure crop still gives the best results as snatch-crop on the rice fields, with a small addition of chemicals : N : 10 kg ;  $P_2O_5$  : 50 kg ;  $K_2O$  : 25 kg, it can give an additional yield of 1,79 t/ha of paddy as compared to the control.

The turning over of the straw into the rice field, and the burying of the soya as green manure provide an additional yield of 1,7 t/ha as compared to the control.

The production of soya as green manure varies from 5 to 15 t/ha according to the degree of fertility of the marsh lands.

On the hydromorphous soils of Mahitsy/Tananarivo. Soya and wheat as snatch-crops give no results at all, whereas, oats can give yields of grain of 13, 8 q/ha and yields of grass of 6,48 t/ha, thanks to the addition of a complete dressing : farm manure 10 t/ha + NPK.

3) On the basaltic colluvia of Betafo : Here again, it is oats that are the most advantageous as snatch-crop on the stepped rice fields. It can produce 23,3 q/ha of grain and 11 t/ha of grass.

**RESUMEN.** — Síntesis de los resultados de experimentaciones hechas en varios servicios de Madagascar : Servicio provincial de la agricultura de Tananariva, Investigaciones Agronómicas (división de estudio de suelos, fertilización. Lago Alaotra). Servicio de Conservación de los suelos. CRAM de Ambatondrazaka.

En todos los ensayos de que se trata determináronse las producciones de forrajes verdes (especialmente paja de arroz) y de granos (arroz, trigo, avena, etc.). Pero no fué estudiada la evolución de los suelos.

Las conclusiones generales son :

1) En las aluviones fluviales de origen ferralítico del lago Alaotra, la rotación de cultivos más interesante desde los puntos de vista producción de palay y producción forrajera es el cultivo doble siguiente :

Soya forrajera entre las estaciones

Arroz en estación lluviosa.

El cultivo intercalado de trigo necesita, en este tipo de suelo, aportes abundantes de fertilizante nitrógeno (60 kg anuales de nitrógeno por hectárea).

Además, con la variedad Ariana no fué posible obtener más de 20 q./ha de grano.

La fertilización más económica cuando se asocian anualmente los cultivos de arroz y soya es la fórmula NP aplicada al arroz :

N = 200 kg/ha de sulfato de amonio

P = 400 kg/ha de fosfato tricálcico.

Puede también utilizarse la fórmula de fertilización N 200 kg/ha de amonitrato aplicado a la soya. Las producciones medias de soya forrajera alcanzan unas 27-30 ton./ha. Los aumentos de producción de palay debidos al cultivo intercalado de soya forrajera representan aproximadamente 1,5 ton./ha sin fertilización mineral complementaria.

Podríanse utilizar con éxito entre las estaciones otras Leguminosas : el meliloto, la arveja. Las Leguminosas plurianuales como el trébol violeta y el trébol blanco Ladino deben reservarse para la creación de prados temporarios en rotación con el arroz.

2) En los suelos de pantanos del lago Alaotra, la soya como abono verde da otra vez los mejores resultados en cultivo intercalado con arroz ; cuando se utiliza además un complemento mineral poco abundante :  $N = 10 \text{ kg}$  ;  $P_2O_5 = 50 \text{ kg}$  ;  $K_2O = 25 \text{ kg}$  la producción es superior a la del testigo (1.79 ton./ha más de palay).

La restitución al suelo de la paja de arroz, el entierro del abono verde soya, dan una producción superior de 1.7 ton./ha a la del testigo.

La producción de soya forrajera es de 5 a 15 ton/ha según la feracidad de los suelos de pantanos.

En los suelos hidrómorfos de Mahitsy Tananariva. Con soya y trigo intercalados no se obtienen resultados interesantes. Pero la avena puede dar 13.8 q./ha de grano y 6.48 ton./ha de forraje verde con un aporte de abono orgánico y mineral : estiércol 10 ton./ha + NPK.

3) En los coluviones basálticos de Betafo : la avena está otra vez al frente cuando se trata de un cultivo intercalado en arrozales establecidos con bancales. Puede dar 23.3 q./ha de grano y 11 ton./ha de forraje verde.

UNIVER DE FORMULATION LABORATOIRES CENTRE DE FORMULES  
RECHERCHES ANTIPARASITAIRES DU SÉLABRENT LES FORMULES  
SPECIALES POUR LA DEFENSE DES CULTURES DE CLIMAT CHAUD

LYON

POINTE A PITRE  
FORT DE FRANCE  
DAKAR  
CONAKRY  
ABIDJAN  
DOUALA  
BANGUI  
DJIBOUTI  
COMORES  
TANANARIVE  
ST-DENIS DE LA REUNION  
PHNOM-PENH  
SAIGON

ANTIPARASITAIRES AGRICOLES  
SPECIALITES POUR LA SANTÉ PUBLIQUE  
UN RESEAU COMPLET D'AGENTS GENERAUX  
UN SERVICE TECHNIQUE QUI EXPERIMENTE LES  
SPECIALITES DANS LES CONDITIONS MEMES  
DE LEUR EMPLOI

LE DEPARTEMENT OUTRE-MER DE PECHINEY-PROGIL EST A VOTRE DISPOSITION POUR TOUT RENSEIGNEMENT

**PECHINEY  
PROGIL**  
S.P. 74 LYON - TERREAUX

# DYNAMIQUE DE L'EAU DANS DEUX SOLS DU SÉNÉGAL

par

C. CHARREAU

Pédologue, Maître de Recherches de l'ORSTOM  
CRA Bambey

Institut des Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

## 1) INTRODUCTION

Cette étude a été réalisée sur les terrains d'expérimentation du C R A de Bambey entre le mois d'avril 1959 et le mois de mai 1960.

Des relevés de profils hydriques ont été effectués à intervalles réguliers, toutes les semaines pendant la période des pluies (6 juin - 1<sup>er</sup> octobre 1959) et tous les mois pendant la saison sèche (1<sup>er</sup> octobre 1959 - 15 mai 1960). Ces profils ont tous été relevés sous végétation naturelle et jusqu'à une profondeur minimum de 2 m (certains jusqu'à 4 m). Il avait été envisagé, au début, d'effectuer cette étude en remplaçant la mesure des humidités par celle des pF réalisée grâce aux éléments Boyoucos et Gély. Malheureusement, dans les sols étudiés, cette deuxième méthode s'est révélée beaucoup trop imprécise pour être applicable. La première méthode, bien que présentant d'autres inconvénients, a donc prévalu.

Son principal défaut tient au fait que les mesures n'ont jamais pu être réalisées rigoureusement au même emplacement, les trous de sondage étant répartis sur une surface d'environ 200 m<sup>2</sup> : cette superficie est suffisante pour que l'hétérogénéité du terrain ait introduit une certaine imprécision dans les mesures. Cette imprécision a toutefois pu être réduite par des corrections appropriées, car, sur chaque prise de terre, ont été effectuées, en même temps que la mesure d'humidité, des mesures de pF. De sorte que toutes les mesures ont pu être ramenées à un profil moyen, à caractéristiques constantes.

## 2) APERÇU SUR LE CLIMAT

Les caractéristiques climatiques de la région de Bambey ont été étudiées à plusieurs reprises [1. 2]. Nous nous contenterons donc d'un bref rappel de ces données. Parmi celles-ci les plus importantes pour notre étude sont la pluviométrie et l'évaporation.

Le climat est du type sahélo-soudanien, tel qu'il est défini par AUBREVILLE. Les pluies débutent en général dans la première quinzaine de juin et s'arrêtent en octobre ; elles présentent un maximum en août.

En 1959 la pluviométrie a été très déficitaire par rapport à la normale : 450 mm seulement contre 650 (moyenne sur dix ans) ; par ailleurs le maximum se situe en septembre et non en août.

Le pouvoir évaporant de l'air (tab. 2), mesuré à l'évaporomètre PICHE, oscille entre 2 et 12 mm par jour, les valeurs les plus élevées étant observées entre janvier et mai, les plus faibles pendant les mois pluvieux août et septembre.

## 3) LES SOLS

Les sols sont :

un sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sur sable ; dénomination vernaculaire : Dior ;

un sol à hydromorphie temporaire de surface sur sable et marno-calcaire ; dénomination vernaculaire : Dek.

Ces deux sols occupent des superficies importantes au Sénégal, notamment dans le Baol et le Cayor.

TABLEAU 2

POUVOIR ÉVAPORANT DE L'AIR EN MM AU COURS DE L'ANNÉE 1959-1960

E : évaporomètre Piche sous abri à 2 m du sol

E' : — — — à 20 cm du sol

| 1959       |      |       |      |       |      |      |      | 1960  |      |      |      |      |      |
|------------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
|            | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Fév. | Mars | Av.  | Mai  | Juin |
| E .....    | 123  | 86    | 73   | 50    | 198  | 138  | 191  | 200   | 181  | 219  | 200  | 208  | 158  |
| E' .....   | 218  | 167   | 126  | 100   | 171  | 196  | 269  | 258   | 283  | 330  | 330  | 307  | 247  |
| E'/E ..... | 1,77 | 1,94  | 1,73 | 2,00  | 1,75 | 1,42 | 1,41 | 1,29  | 1,56 | 1,51 | 1,65 | 1,47 | 1,56 |

## A) Granulométrie

Ces deux sols sont très sableux. Dans le tableau 3 figurent les résultats de l'analyse granulométrique concernant deux profils de ces sols prélevés dans les deux zones, où furent effectuées les mesures d'humidité.

TABLEAU 3

GRANULOMÉTRIE DE DEUX PROFILS DE SOLS DIOR ET DEK

| Profondeur | Echantillons | DEK   |       |      |      |       | Profondeur | Echantillons | DIOR  |       |     |     |       |
|------------|--------------|-------|-------|------|------|-------|------------|--------------|-------|-------|-----|-----|-------|
|            |              | S. G. | S. F. | L    | A    | A + L |            |              | S. G. | S. F. | L   | A   | A + L |
| 0-5 cm     | B 1          | 38,1  | 53,9  | 2,5  | 5,5  | 8,0   | 0-5 cm     | A 1          | 22,3  | 73,7  | 2,0 | 2,0 | 4,0   |
| 5-10       | B 2          | 41,0  | 52,0  | 2,0  | 5,0  | 7,0   | 5-10       | A 2          | 21,1  | 74,9  | 1,5 | 2,5 | 4,0   |
| 10-20      | B 3          | 42,7  | 46,3  | 4,0  | 7,0  | 11,0  | 10-20      | A 3          | 22,6  | 72,4  | 1,0 | 4,0 | 5,0   |
| 20-40      | B 4          | 23,2  | 65,3  | 1,0  | 10,5 | 11,5  | 20-40      | A 4          | 21,9  | 71,1  | 2,5 | 4,5 | 7,0   |
| 40-60      | B 5          | 41,2  | 42,8  | 4,5  | 11,5 | 17,0  | 40-60      | A 5          | 25,0  | 66,0  | 1,0 | 8,0 | 9,0   |
| 60-80      | B 6          | 41,2  | 39,3  | 12,0 | 7,5  | 19,5  | 60-80      | A 6          | 22,4  | 70,1  | 2,0 | 5,5 | 7,5   |
| 80-100     | B 7          | 21,6  | 67,9  | 0,5  | 10,0 | 10,5  | 80-100     | A 7          | 24,9  | 68,1  | 3,0 | 4,0 | 7,0   |
| 100-120    | B 8          | 20,9  | 69,1  | 1,5  | 8,5  | 10,0  | 100-120    | A 8          | 24,3  | 68,7  | 1,5 | 5,5 | 7,0   |
| 120-140    | B 9          | 19,8  | 70,2  | 1,5  | 8,5  | 10,0  | 120-140    | A 9          | 22,5  | 71,5  | 1,5 | 4,5 | 6,0   |
| 140-160    | B 10         | 19,0  | 72,0  | 0,5  | 8,5  | 9,0   | 140-160    | A 10         | 22,9  | 71,6  | 1,0 | 4,5 | 5,5   |
| 160-180    | B 11         | 19,0  | 72,0  | 4,0  | 5,0  | 9,0   | 160-180    | A 11         | 25,2  | 67,8  | 2,5 | 4,5 | 7,0   |
| 180-200    | B 12         | 19,4  | 68,1  | 1,0  | 11,5 | 12,5  | 180-200    | A 12         | 25,6  | 67,9  | 1,0 | 5,5 | 6,5   |
| 245-255    | B 13         | 20,4  | 72,6  | 0,0  | 7,0  | 7,0   | 245-255    | A 13         | 24,1  | 68,9  | 0,0 | 7,0 | 7,0   |
| 295-305    | B 14         | 16,0  | 71,0  | 0,5  | 12,5 | 13,0  | 295-305    | A 14         | 20,5  | 73,5  | 2,0 | 4,0 | 6,0   |
| 325-335    | B 15         | 18,7  | 67,8  | 1,5  | 12,0 | 13,5  | 345-355    | A 15         | 24,5  | 73,0  | 1,0 | 1,5 | 2,5   |
| 335-340    | B 16         | 22,7  | 63,8  | 2,0  | 11,5 | 13,5  | 395-405    | A 16         | 20,0  | 67,5  | 3,0 | 9,5 | 12,5  |

Les teneurs en argile oscillent autour de 4 % dans les différents horizons du sol Dior avec comme limites extrêmes : 2 % et 9,5 % ; pour le Dek la moyenne est de 8 % et les limites 5 % et 12,5 %. Les teneurs en limon sont faibles : entre 0 et 3 % pour le Dior, 0 et 5 % pour le Dek. La fraction sableuse est très importante dans les deux cas mais le classement des sables est différent : pour le Dior, il y a une nette dominance des sables fins dans tous les horizons (66 à 75 % de sables fins contre 20 à 26 % de sables de diamètre supérieur à 0,2 mm) ; pour le Dek la proportion de sables grossiers est équivalente ou légèrement inférieure à celle des sables fins dans les 80 premiers centimètres. Plus en profondeur, les proportions relatives entre sables fins et grossiers redeviennent équivalentes à celles du sol Dior.

Ces variations dans la granulométrie du profil reflètent, à notre avis, davantage les caractéristiques du dépôt sédimentaire que l'action du lessivage.

Celui-ci est réel pour le sol Dior puisque, en cases lysimétriques, on observe très généralement un départ d'argile dans les eaux de drainage à 2 m de profondeur ; pour le sol Dek par contre ce phénomène s'observe très

rarement, à l'occasion d'une pluviométrie exceptionnellement élevée, et toujours d'une façon très peu marquée. Le lessivage dans ce cas est donc presque inexistant.

Les niveaux plus argileux s'observent à des profondeurs variables dans le profil et il est difficile de définir un horizon d'accumulation, même pour le sol Dior. Celui-ci peut se situer à une profondeur supérieure à 4 m, profondeur rarement atteinte par les sondages. Par contre les horizons superficiels, jusqu'à 20 cm, sont dans les deux sols passablement lessivés et appauvris en argile. Cet appauvrissement semble résulter à la fois de l'action du lessivage (vertical et oblique) de l'érosion en nappe et du remaniement du profil cultural.

## B) Propriétés chimiques

La différence essentielle entre les deux sols réside dans l'inégalité de richesse en calcium. Le sol Dek repose sur des marno-calcaires à faible profondeur (1,50 à 4 m) ; bien que le sol se soit constitué à partir d'un matériau originel différent (alluvions et colluvions sablo-argileuses), la présence de ce banc calcaire a influencé son évolution. Les termites ont probablement joué un rôle important dans les remontées du calcaire vers la surface.

L'apparition du calcaire se fait à une profondeur variable mais généralement supérieure à 1 m. Les teneurs, faibles d'abord (0,1 %), atteignent 1 % vers 2 m.

Même quand les horizons ne présentent pas de traces de calcaire ils sont toujours très bien pourvus en calcium. Il y a toujours plus de 4 m é de calcium échangeable pour 100 g de sol Dek, alors que les teneurs n'atteignent pas 1 m é en sol Dior. Les teneurs en calcium échangeable sont entre cinq et vingt fois plus élevées en sol Dek. Le complexe absorbant de ce dernier se trouvera donc bien saturé (70 à 100 %) alors que celui du Dior le sera médiocrement (10 à 50 %).

Ceci se reflétera également sur les pH qui avoisineront la neutralité en sol Dek et ne dépasseront pas 6,6 en sol Dior dans l'horizon superficiel, pour descendre à 5,4 en profondeur. Dans les deux cas les valeurs de la capacité d'échange seront naturellement assez faibles, étant donné la texture sableuse de ces sols : 2,0 à 2,6 m é pour 100 g pour le Dior, 6 à 11 pour le Dek.

L'inégalité de richesse en calcium et de saturation du complexe expliquent certaines différences dans le comportement de ces sols vis-à-vis de l'eau et dans leurs propriétés physiques.

Les teneurs en fer total exprimées en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  % augmentent avec la profondeur de 0,45 à 0,70 en sol Dior, de 0,61 à 0,82 en sol Dek. Les teneurs en fer libre augmentent également avec la profondeur en sol Dior de 0,19 à 0,52 % ; en sol Dek elles oscillent entre 0,20 et 0,30 % sans que l'accroissement avec la profondeur soit très net.

Le lessivage du fer est donc plus évident que celui de l'argile tout au moins pour le sol Dior.

## C) Dureté et structure

La résistance à la pénétration, à la traction et à la compression est sensiblement plus élevée en sol Dek qu'en sol Dior. Les valeurs du test de perméabilité pour les différents horizons sont assez comparables dans les deux sols ; elles sont de l'ordre de 1 cm/h avec comme limites 0,5 et 2. La structure observée en sec est beaucoup plus développée en sol Dek, qu'en sol Dior.

Le pourcentage d'agrégats stables à l'eau, d'un diamètre supérieur à 0,02 mm est de 10,5 % pour le sol Dek, contre 2,7 % seulement pour le sol Dior (J. FAURE). Cette meilleure stabilité de la structure est à mettre en relation avec la richesse en calcium du sol Dek.

## D) Propriétés hydriques ; courbes des pF

De nombreuses mesures de pF ont été effectuées sur les différents horizons des sols Dior et Dek : deux profils choisis comme profils de référence ont été étudiés en détail.

Les résultats figurent dans le tableau 4. Les courbes complètes ont été établies pour trois horizons de chaque sol, choisis comme étant les plus représentatifs (une courbe de valeurs moyennes, deux courbes de valeurs limites : graphiques 1 et 2).

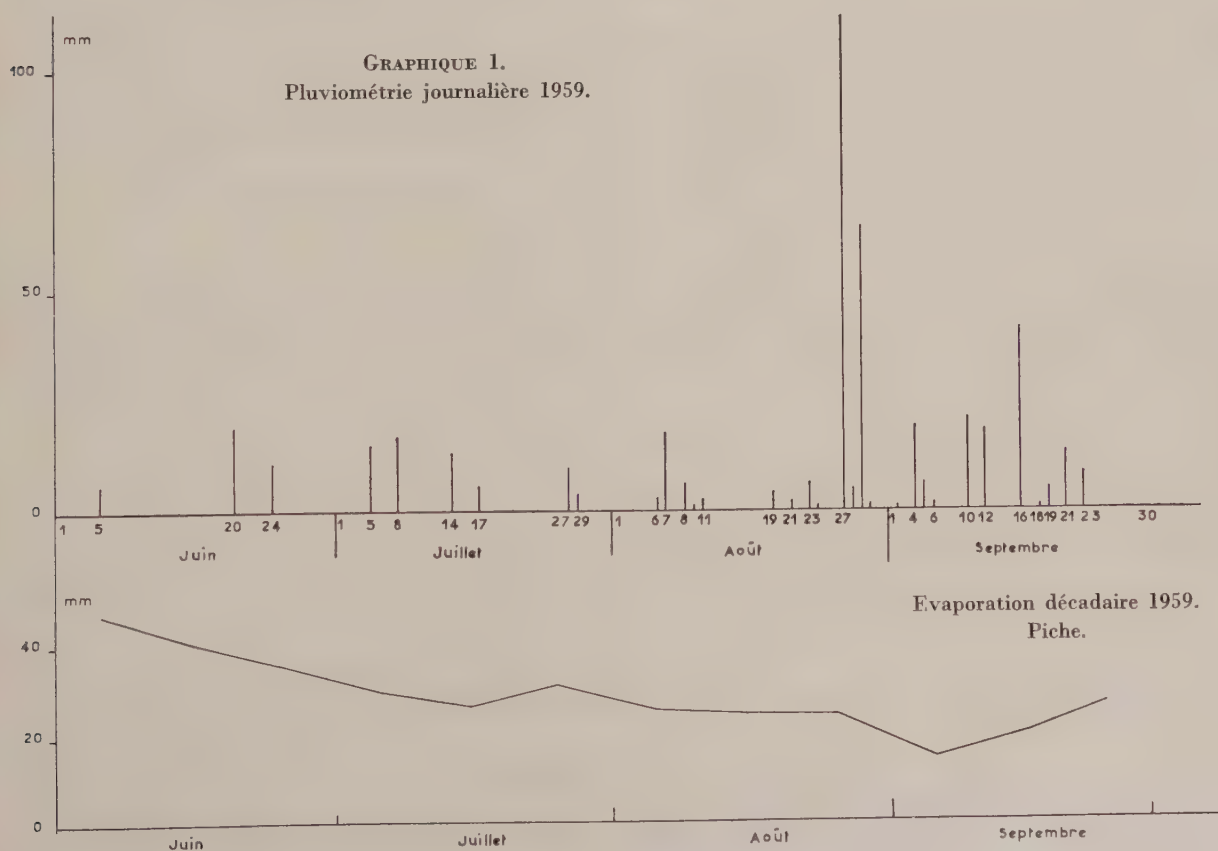
Les mesures de pF ont été effectuées :

- par hygroscopicité pour les pF supérieurs à 4,2,
- par pression (presse à membrane) pour les valeurs comprises entre 4,2 et 3,3,
- par centrifugation pour les pF compris entre 3,3 et 2,0,
- par succion pour les pF inférieurs à 2,0.

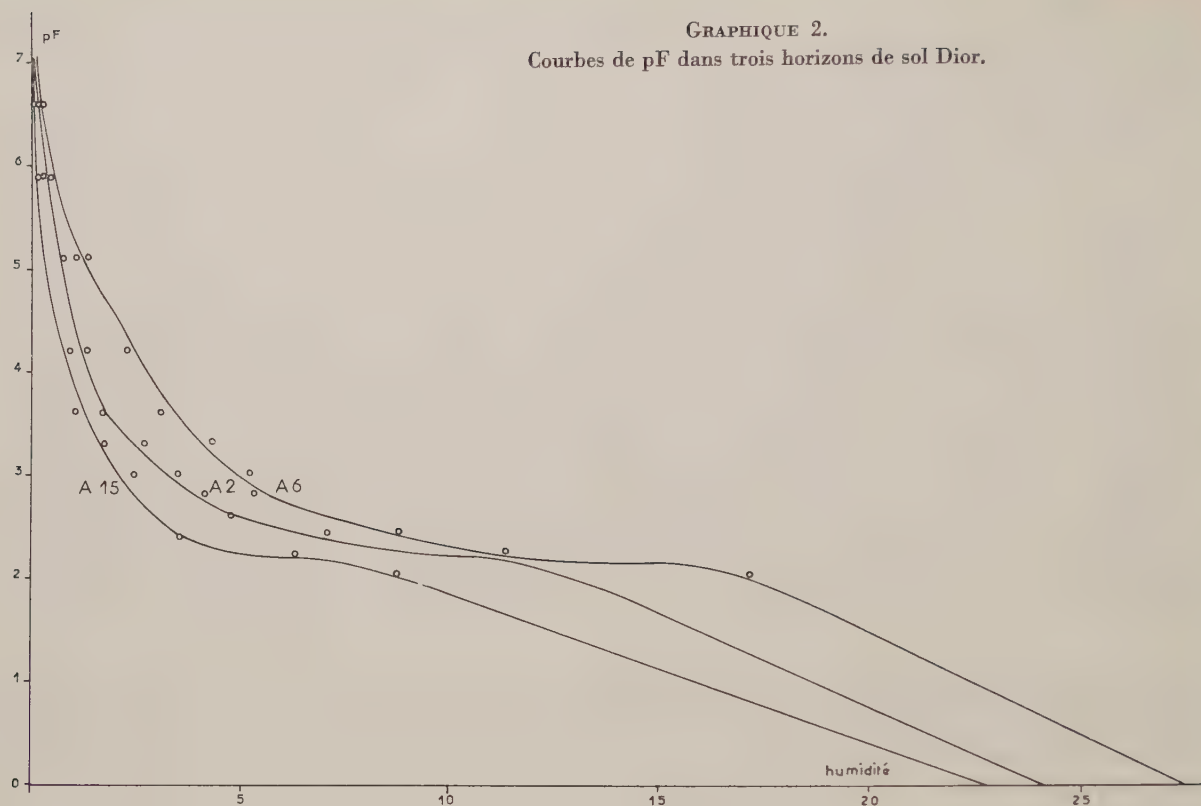
TABLEAU 4  
HUMIDITÉS AUX DIFFÉRENTS pF DES HORIZONS D'UN SOL DIOR

| Profondeur    | pF<br>Echant. | 6,5  | 5,9  | 5,1  | 4,2  | 3,6  | 3,3  | 3,0  | 2,8  | 2,6  | 2,4  | 2,2   | 2,0   | 0     |
|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 0-5 cm        | A 1           | 0,10 | 0,17 | 0,77 | 1,30 | 1,58 | 2,23 | 3,05 | 3,03 | 4,27 | 6,69 | 8,95  | —     | 23,15 |
| 5-10          | A 2           | 0,10 | 0,21 | 1,12 | 1,22 | 1,66 | 2,64 | 2,47 | 4,12 | 4,74 | 7,09 | 10,00 | 16,05 | 23,70 |
| 10-20         | A 3           | 0,14 | 0,25 | 1,22 | 1,57 | 2,12 | 3,26 | 3,77 | 4,12 | 5,53 | 7,43 | 10,46 | 16,12 | 20,75 |
| 20-40         | A 4           | 0,16 | 0,25 | 1,71 | 2,19 | 2,90 | 3,71 | 4,93 | 4,69 | 6,15 | 8,19 | 10,42 | 16,82 | 25,85 |
| 40-60         | A 5           | 0,22 | 0,41 | 1,58 | 2,57 | 3,46 | 4,75 | 5,91 | 5,83 | 7,71 | 9,50 | 12,11 | 17,67 | 28,75 |
| 60-80         | A 6           | 0,20 | 0,36 | 1,30 | 2,28 | 3,05 | 4,28 | 5,18 | 5,33 | 6,97 | 8,77 | 11,36 | 17,20 | 27,35 |
| 80-100        | A 7           | 0,17 | 0,30 | 1,52 | 2,00 | 2,62 | 3,56 | 4,32 | 4,47 | 6,00 | 7,86 | 10,44 | 16,43 | 26,25 |
| 100-120       | A 8           | 0,19 | 0,33 | 1,46 | 2,08 | 2,89 | 4,25 | 4,72 | 5,04 | 6,75 | 8,32 | 11,00 | 15,69 | 25,50 |
| 120-140       | A 9           | 0,22 | 0,31 | 1,40 | 1,92 | 2,53 | 3,53 | 4,34 | 4,29 | 5,45 | 8,23 | 8,76  | —     | 27,12 |
| 140-160       | A 10          | 0,17 | 0,30 | 1,38 | 2,04 | 2,65 | 3,48 | 4,52 | 4,29 | 5,58 | 8,18 | 8,54  | 11,31 | 26,06 |
| 160-180       | A 11          | 0,15 | 0,32 | 1,71 | 1,95 | 2,33 | 3,33 | 4,39 | 4,15 | 5,66 | 8,26 | 8,57  | 11,25 | 26,65 |
| 180-200       | A 12          | 0,18 | 0,32 | 1,22 | 2,03 | 2,66 | 3,60 | 4,36 | 4,65 | 5,38 | 6,02 | 9,03  | 11,70 | 27,00 |
| 245-255       | A 13          | 0,11 | 0,22 | 0,53 | 1,65 | 2,10 | 2,92 | 3,65 | 4,33 | 4,34 | 4,90 | 7,71  | 10,95 | 25,23 |
| 295-305       | A 14          | 0,04 | 0,09 | —    | 1,30 | 1,60 | 2,20 | 3,15 | 3,58 | 3,74 | 4,30 | 7,02  | 10,38 | 24,31 |
| 345-355       | A 15          | 0,26 | 0,48 | 0,66 | 0,83 | 0,98 | 1,59 | 2,40 | 2,30 | 2,87 | 3,53 | 6,33  | 8,74  | 22,66 |
| 395-405       | A 16          | 0,12 | 0,23 | 0,74 | 3,48 | 4,70 | 6,45 | 7,99 | 9,12 | 8,86 | 9,31 | 12,77 | 15,47 | 33,31 |
| Moyenne . . . |               | 0,17 | 0,29 | 1,36 | 1,93 | 2,54 | 3,55 | 4,41 | 5,50 | 5,85 | 7,87 | 9,97  | 15,02 | 25,58 |

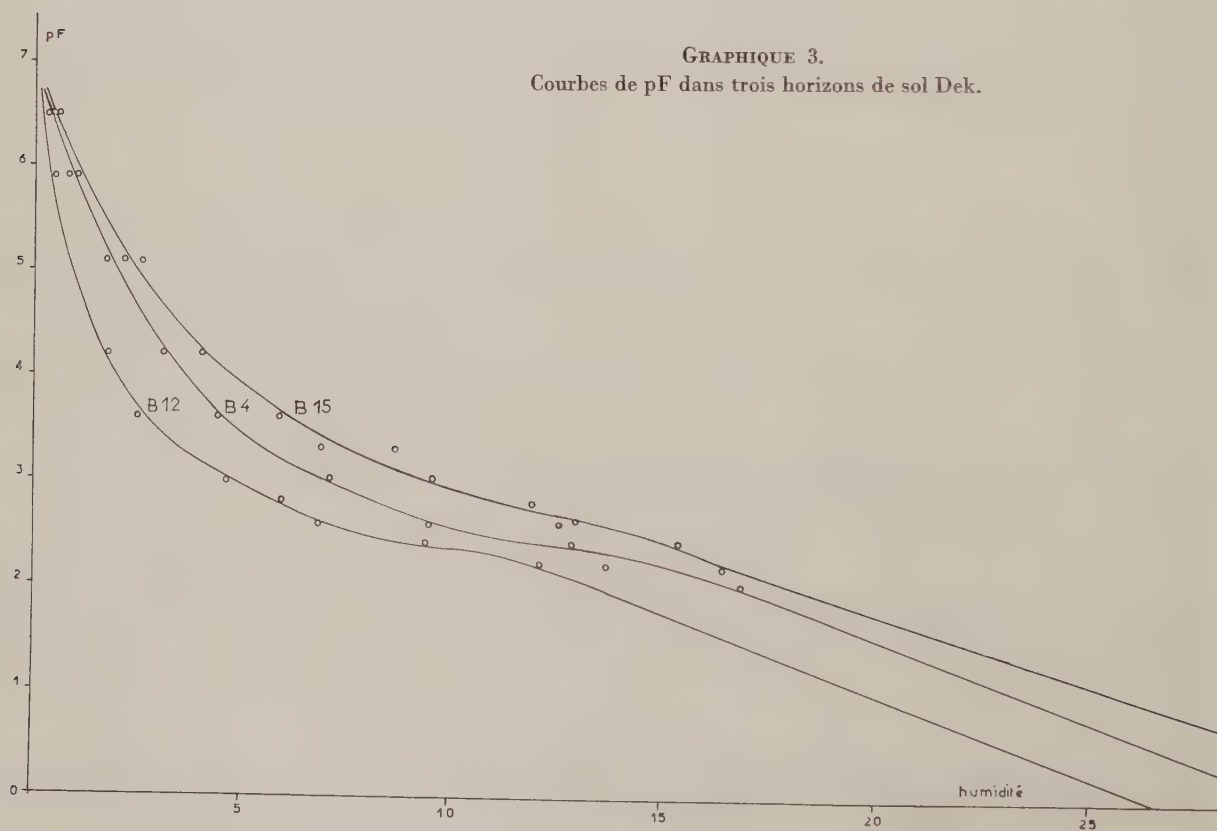
Les différentes méthodes de mesure ont été comparées à cette occasion ; pour les sols étudiés les recoupe-  
ments sont bons dans l'ensemble, mais la presse à plaque a dû être abandonnée au profit de la centrifugeuse en  
raison de la médiocre reproductibilité des résultats.



GRAPHIQUE 2.  
Courbes de pF dans trois horizons de sol Dior.



GRAPHIQUE 3.  
Courbes de pF dans trois horizons de sol Dek.



Les courbes expérimentales de pF peuvent être assimilées à des courbes exponentielles [3] suivant la formule :

$$y = A e^{-\frac{(pF)^2}{B^2}}$$

où y représente le taux d'humidité, A et B des paramètres.

En passant aux logarithmes, il vient :

$$\log y = \log A - \frac{(pF)^2}{B^2} \log e.$$

En utilisant cette dernière équation, les courbes se réduisent à des droites, à condition de porter en abscisse les carrés des pF.

Connaissant deux valeurs de pF il est donc facile de construire la droite et d'en déduire graphiquement les humidités correspondant aux autres valeurs de pF.

Cette méthode de calcul a été appliquée pour les différents horizons des sols Dior et Dek et les résultats confrontés aux chiffres expérimentaux. Les pF choisis pour la construction des droites furent : 4,2 et 3,0. A titre d'exemple le graphique 4 présente les deux séries de résultats pour un horizon de sol Dior et un horizon de sol Dek.

Si l'on se base sur l'ensemble des résultats, l'intrapolation entre pF 4,2 et pF 3,0 semble conduire à des résultats valables, l'erreur n'étant guère supérieure à celle des mesures expérimentales ; l'extrapolation paraît également possible jusqu'à pF 6,0 d'un côté et pF 2,6 de l'autre. Au delà de pF, 2,6 les valeurs calculées sont très différentes des chiffres expérimentaux. Les courbes cessent d'ailleurs d'avoir l'allure d'exponentielles. Pour toutes les courbes, il existe un palier et un point d'inflexion situé aux alentours de pF 2,3 (variant de 2,1 à 2,5 suivant le sol étudié).

Les valeurs des paramètres A et B ont été calculées pour tous les horizons des profils étudiés ; le paramètre B présente une valeur sensiblement constante de 3,2 que ce soit en sol Dior ou en sol Dek, les limites étant 2,9 et 3,7. Les droites représentant les pF pourraient donc se déduire les unes des autres par de simples translations (en supposant B rigoureusement constant).

Le paramètre A est par contre beaucoup plus variable. Il représente la valeur théorique de pF 0 (très éloignée d'ailleurs par défaut de la valeur réelle). Sa valeur moyenne est de 17,8 en sol Dek et de 10,3 en sol Dior. Les limites sont 11,9 et 24,2 pour le sol Dek, 7,3 et 19,0 pour le sol Dior.

Les équations des courbes d'humidité en fonction des pF peuvent donc s'écrire :

$$\begin{aligned} \text{pour un horizon moyen de sol Dior : } y &= 10,3 e^{-\frac{(pF)^2}{10,2}} \\ \text{Dek : } y &= 17,8 e^{-\frac{(pF)^2}{10,2}} \end{aligned}$$

Les différentes valeurs des pF sont étroitement dépendantes des caractéristiques granulométriques de l'échantillon. Des corrélations ont été en particulier établies entre l'humidité équivalente (pF 3,0) et la teneur en (argile + limon).

Pour l'horizon superficiel de sol Dek la relation :

$$y = 0,91 + 0,523 x$$

a été établie, dans laquelle : y = H.E. %, x = (A + L) %.

Elle concerne cent vingt échantillons ; r = 0,85, P 0,001.

L'humidité équivalente est également dépendante, mais dans une moindre mesure, de la teneur en carbone. Pour l'horizon superficiel de sol Dior, par exemple, la relation :

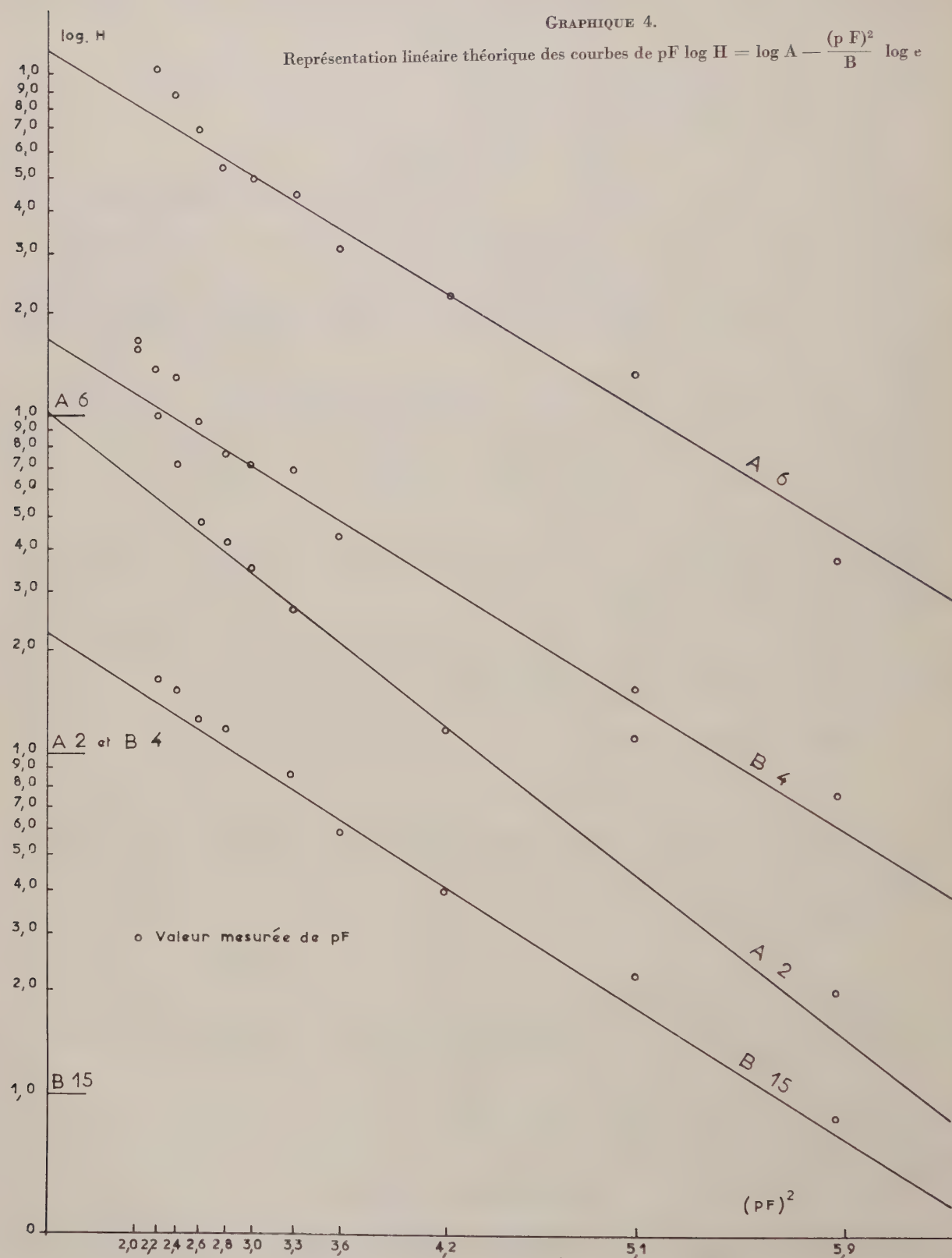
$$y = 2,38 + 0,3 x \quad \text{avec } y = \text{H.E. } \%, \quad x = \text{C } \%$$

a été établie pour vingt échantillons ; r = 0,69 ; P 0,001.

La capacité de rétention a été déterminée au champ, par saturation d'un profil. Les résultats seront examinés en détail plus loin.

### E) Densité et porosité

Les chiffres de densité réelle sont très voisins pour les deux sols : 2,66 en sol Dior, 2,68 en sol Dek (chiffres communiqués par P. BONFILS). Les densités apparentes varient entre 1,50 et 1,62 pour différents horizons de sol



Dior, entre 1,50 et 1,68 pour différents horizons de sol Dek. Nous avons retenu comme valeur moyenne les chiffres de :

1,5 pour le sol Dior,

1,6 pour le sol Dek.

Les porosités correspondantes sont 43,5 % et 40,5 %, soit :

en sol Dior : microporosité = 0,9 %      macro-porosité = 34,5 %

en sol Dek : — = 16,0 %      — = 24,5 %

Ces chiffres ont été obtenus par mesure de densités apparentes du sol en place (méthode du cylindre). Des mesures de densités et de porosités ont également été effectuées sur les échantillons de terre tamisée (méthode KEEN RAKOWSKI) ; les résultats sont très voisins pour la densité apparente et la porosité, sensiblement inférieurs pour la densité réelle.

## F) Mesures de la perméabilité

Plusieurs méthodes de mesure de la perméabilité ont été comparées sur les deux sols étudiés :

au laboratoire, méthode de DARCY (coefficient de filtration ou conductivité hydraulique) appliquée sur des échantillons de terre tamisée et sur des échantillons intacts ;

au champ méthode de MÜNTZ et méthode de PORCHET ;

en cases lysimétriques.

### a) MÉTHODE DE DARCY AU LABORATOIRE.

La mesure du coefficient de filtration a été effectuée sur seize horizons de chaque profil de référence, de 0 à 4 m. Les résultats figurent dans le tableau 5. Les valeurs obtenues varient peu d'un horizon à l'autre et d'un

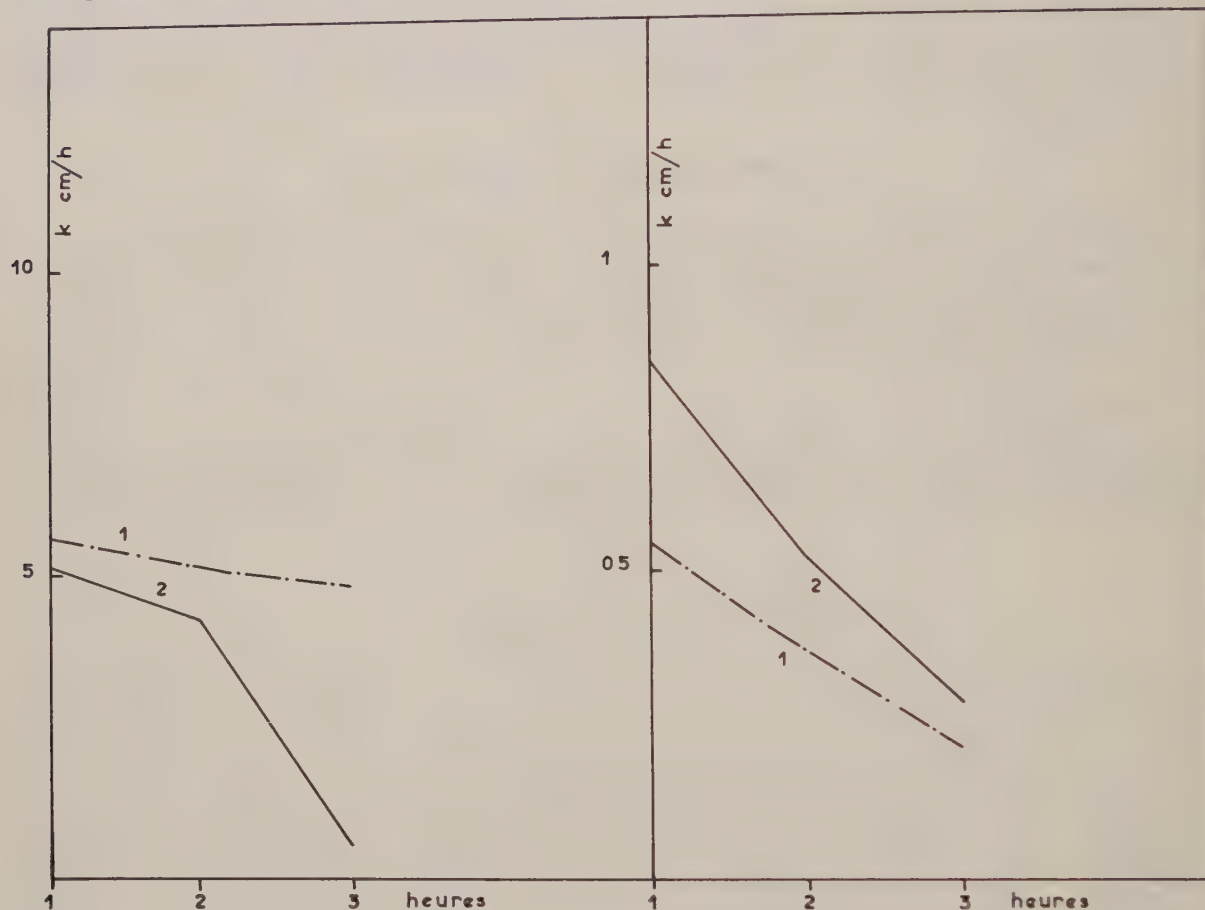
TABLEAU 5  
HUMIDITÉS AUX DIFFÉRENTS pF DES HORIZONS D'UN SOL DEK

| Profondeur cm | Ech. | pF   |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               |      | 6,5  | 5,9  | 5,1  | 4,2  | 3,6  | 3,3  | 3,0   | 2,8   | 2,6   | 2,4   | 2,2   | 2,0   | 0     |
| 0-5           | B 1  | 0,39 | 0,66 | 1,81 | 3,59 | 4,19 | 6,38 | 7,23  | —     | —     | 12,80 | —     | —     | —     |
| 5-10          | B 2  | 0,36 | 0,64 | 2,29 | 2,71 | 3,69 | 5,81 | 6,31  | 6,55  | 7,92  | 11,95 | —     | —     | —     |
| 10-20         | B 3  | 0,21 | 0,77 | 2,32 | 2,92 | 4,10 | 6,34 | 6,75  | —     | —     | 12,23 | —     | —     | —     |
| 20-40         | B 4  | 0,51 | 0,79 | 2,53 | 3,12 | 4,38 | 6,90 | 7,08  | 7,82  | 9,48  | 12,88 | 13,72 | 16,85 | 30,35 |
| 40-60         | B 5  | 0,20 | 0,34 | 2,63 | 3,30 | 4,82 | 7,04 | 7,49  | 7,94  | 9,87  | 13,15 | 14,12 | 16,73 | 31,62 |
| 60-80         | B 6  | 0,50 | 0,76 | 2,11 | 3,54 | 4,95 | 7,61 | 7,50  | 8,68  | 10,10 | 13,57 | 13,69 | —     | 31,44 |
| 80-100        | B 7  | 0,52 | 0,67 | 1,39 | 3,25 | 4,49 | 7,03 | 7,20  | 7,91  | 9,69  | 13,37 | 13,40 | 17,67 | 28,52 |
| 100-120       | B 8  | 0,50 | 0,58 | 2,90 | 2,97 | 4,11 | 6,57 | 6,76  | 7,35  | 9,09  | 12,77 | —     | —     | 28,92 |
| 120-140       | B 9  | 0,58 | 0,73 | 1,24 | 3,06 | 4,03 | 6,13 | 6,98  | 7,24  | 8,91  | 12,31 | 13,27 | 16,86 | 30,32 |
| 140-160       | B 10 | 0,35 | 0,54 | —    | 2,63 | 4,41 | 5,69 | 6,35  | 6,64  | 8,18  | 11,11 | 11,86 | 16,45 | 29,40 |
| 160-180       | B 11 | 0,45 | 0,41 | 0,58 | 2,38 | 2,79 | —    | 5,23  | 5,35  | 6,96  | 10,17 | 10,81 | 14,64 | 28,94 |
| 180-200       | B 12 | 0,46 | 0,80 | 3,12 | 4,40 | 6,13 | —    | 9,75  | 10,08 | 12,66 | 15,34 | 15,63 | —     | 33, — |
| 245-255       | B 13 | 0,45 | 0,38 | 1,68 | 1,70 | 2,47 | —    | 4,63  | 5,94  | 6,81  | 9,44  | 12,10 | 14,48 | 26,66 |
| 295-305       | B 14 | 0,39 | 0,83 | 2,15 | 4,31 | 6,10 | 8,81 | 9,81  | 11,81 | 12,96 | 15,15 | 16,80 | —     | 35,30 |
| 325-335       | B 15 | 0,37 | 0,87 | 2,24 | 4,08 | 5,88 | 8,66 | 9,51  | 11,87 | 12,59 | 15,38 | 16,52 | —     | 34,60 |
| 335-340       | B 16 | 0,24 | 0,98 | 2,47 | 4,37 | 6,31 | —    | 10,10 | —     | —     | 15,34 | —     | —     | —     |
| Moyenne . . . |      | 0,42 | 0,61 | 1,95 | 2,93 | 4,03 | 6,55 | 6,62  | 7,14  | 8,70  | 12,14 | 13,81 | 16,53 | 29,57 |

sol à l'autre. Le sol Dior semble cependant un peu plus filtrant que le Dek ; la valeur moyenne obtenue est de 0,98 cm/h (limites : 0,38 et 2,63), contre 0,88 pour le Dek (limites 0,46 et 1,73). Ces chiffres sont très faibles surtout pour des sols aussi sableux. Ce test doit être interprété davantage comme une mesure de structure que comme une mesure de la perméabilité. Il met en évidence la structure instable à l'eau de ces sols ; l'argile, facilement dispersée, vient colmater les pores entre les sables et limiter la filtration.

La même mesure effectuée par P. BONFILS sur des échantillons de sols intacts prélevés au champ dans des cylindres métalliques de 250 cm<sup>3</sup> de volume donne des valeurs sensiblement supérieures : 4,80 cm/h pour le sol Dior en moyenne contre 4,00 pour le sol Dek. La mesure a été effectuée sur cinq horizons de deux profils (0 à 1 m). Les chiffres sont assez voisins pour les différents horizons sauf pour l'horizon 150-160 du sol Dek, constitué par du marnocalcaire altéré, dont la perméabilité est nettement plus faible (1,70 cm/h).

Dans les deux cas, échantillons tamisés et échantillons intacts, la perméabilité diminue au cours du temps (graphique 5). La valeur retenue pour la mesure sur échantillons tamisés concerne le volume écoulé pendant la première heure de filtration ; pour les échantillons intacts, les deux premières heures de filtration.



GRAPHIQUE 5.

Variation de H avec le temps (échantillons intacts).

- 1) Dior = 50-60 cm.
- 2) Dek = 50-60 cm.

Variation de K avec le temps (échantillon tamisé).

- 1) Dior 40-60 cm.
- 2) Dek 40-60 cm.

#### b) MÉTHODE DE PORCHET.

Deux profondeurs ont été choisies pour effectuer cette mesure : 50 et 100 cm. Les valeurs obtenues pour la profondeur de 100 cm sont en général trois fois plus élevées que pour 50 cm.

Pour un sondage de 50 cm, les valeurs moyennes obtenues en régime permanent sont de 25 cm/h pour le Dior, 27 cm/h pour le Dek. Pour un sondage de 100 cm, ces chiffres deviennent 70 et 76 cm/h.

#### c) MÉTHODE DE MÜNTZ.

Pour cette mesure deux anneaux concentriques alimentés en eau par des réservoirs distincts ont été utilisés [4]. Une charge égale à 4 cm a été maintenue dans l'anneau central et dans l'anneau de garde. Il est

admis que, dans ces conditions, l'infiltration dans l'anneau central se fait exclusivement dans le sens vertical, alors que dans l'anneau de garde la diffusion est à la fois verticale et latérale. Les diamètres des anneaux utilisés étaient respectivement de 15 et de 58 cm ; l'infiltration a été mesurée séparément dans les deux anneaux.

En régime permanent l'infiltration verticale moyenne est de 20 cm/h pour le sol Dior et 21 cm/h pour le Dek. Ces deux sols ont donc une infiltration verticale à peu près identique. Par contre les chiffres d'infiltration globale diffèrent sensiblement : 35 pour le Dior contre 30,0 pour le Dek. La diffusion latérale serait donc supérieure en sol Dior : 15 cm/h contre 9,0 cm/h pour le Dek ; soit, exprimé en pourcentages de l'infiltration globale, respectivement 43 et 30 %.

#### d) CASES LYSIMÉTRIQUES.

Le drainage le plus élevé observé à 2 m au cours de l'année 1960 a été de 35 mm en vingt-quatre heures, ce qui correspond à une vitesse moyenne de 0,15 cm/h. La vitesse maximum observée au cours de cette journée a été estimée à 0,55 cm/h, chiffre trouvé également par P. BONFILS et J. FAURE en 1954 [2]. La vitesse du drainage ne diffère pas significativement entre le sol Dior et le sol Dek, elle dépend essentiellement du type de culture ou de végétation.

#### e) COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTES MÉTHODES.

Le tableau 6 donne les valeurs comparées du coefficient K, en régime permanent. Plusieurs conclusions paraissent se dégager de l'examen de ce tableau.

TABLEAU 6

COMPARAISON ENTRE LES HUMIDITÉS MESURÉES ET CALCULÉES AUX DIFFÉRENTS pF

| Echan-<br>tillons<br><br>pF | Sol Dek |         |        |         | Sol Dior |         |        |         | LIMITE D'EXTRAPOLA-<br>TION |
|-----------------------------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|--------|---------|-----------------------------|
|                             | B 4     |         | B 15   |         | A 2      |         | A 6    |         |                             |
|                             | Mesuré  | Calculé | Mesuré | Calculé | Mesuré   | Calculé | Mesuré | Calculé |                             |
| 5,9                         | 0,79    | 0,60    | 0,87   | 0,78    | 0,21     | 0,15    | 0,36   | 0,45    |                             |
| 5,1                         | 2,53    | 1,42    | 2,24   | 1,80    | 1,12     | 0,45    | 1,30   | 1,05    |                             |
| 4,2                         | 3,12    | 3,12    | 4,08   | 4,08    | 1,22     | 1,22    | 2,28   | 2,28    |                             |
| 3,6                         | 4,38    | 4,80    | 5,88   | 6,40    | 1,66     | 2,15    | 3,05   | 3,50    |                             |
| 3,3                         | 6,90    | 6,00    | 8,66   | 7,90    | 2,64     | 2,75    | 4,28   | 4,25    |                             |
| 3,0                         | 7,08    | 7,08    | 9,51   | 9,51    | 3,47     | 3,47    | 5,18   | 5,18    |                             |
| 2,8                         | 7,82    | 8,00    | 11,87  | 10,80   | 4,12     | 3,90    | 5,33   | 5,60    |                             |
| 2,6                         | 9,48    | 8,80    | 12,59  | 12,00   | 4,74     | 4,50    | 6,97   | 6,30    |                             |
| 2,4                         | 12,88   | 9,80    | 15,38  | 13,00   | 7,09     | 5,10    | 8,77   | 7,00    |                             |
| 2,2                         | 13,72   | 10,70   | 16,52  | 14,20   | 10,00    | 5,60    | 11,36  | 7,50    |                             |
| 2,0                         | 16,85   | 11,60   | —      | 15,50   | 16,05    | 6,30    | 17,20  | 8,20    |                             |
| 0                           | 30,35   | 17,00   | 34,60  | 23,00   | 23,70    | 10,20   | 27,35  | 12,00   |                             |

La valeur de K varie dans de très larges limites suivant la méthode de mesure utilisée. Même si l'on écarte les mesures de PORCHET faites sur sondages de 1 m comme trop éloignées de la réalité, l'amplitude des variations va de 1 à 50. Ceci n'a rien de très étonnant puisque toutes ces mesures ont un caractère plus ou moins conventionnel, que d'autre part la perméabilité d'un sol saturé d'eau est très différente de celle du même sol dans un état de sécheresse accentuée.

Quelle que soit la méthode utilisée, les résultats obtenus pour les deux sols sont très voisins. Etant donné la médiocre reproductibilité des résultats le nombre des essais doit être élevé pour différencier avec certitude un sol de l'autre. C'est ainsi que J. FAURE [2], avec vingt-cinq mesures PORCHET pour chaque sol, avait trouvé une plus grande perméabilité en sol Dior qu'en sol Dek. Le petit nombre d'essais effectués ici pour chaque méthode ne permet pas de confirmer ce résultat. Par contre l'ensemble des résultats traduit bien l'identité de comportement entre le sol Dior et le sol Dek, sauf toutefois en ce qui concerne la diffusion latérale. Ce dernier point sera d'ailleurs précisé par l'étude expérimentale de la saturation du profil.

Les mesures faites sur le terrain en sec, donnent des résultats comparables, qu'il s'agisse de la méthode PORCHET (sondage de 50 cm) ou de celle de MÜNTZ (infiltration verticale dans l'anneau central). D'après les normes citées par P. ROLLEY [5] les sols Dior et Dek se classent dans la catégorie des terrains très perméables.

Les mesures effectuées au laboratoire par la méthode de DARCY-PORCHET donnent au contraire des résultats très faibles. Ceci s'explique car, dans cette mesure, la structure du sol et sa stabilité à l'eau deviennent des facteurs prépondérants. La structure étant peu développée, et la stabilité médiocre, le coefficient de filtration est faible et, de surcroît, diminue avec le temps.

Il est curieux de constater que la vitesse maximum du drainage est du même ordre de grandeur que le coefficient de filtration mesuré par la méthode de DARCY appliquée à la terre tamisée. Mais ceci, à notre avis, ne devrait être interprété que comme une coïncidence car le débit du drainage dépend d'autres facteurs que le sol lui-même, en particulier la végétation.

Le débit des fortes pluies atteignant parfois 1 mm par minute (soit 6,0 cm/h), la perméabilité du sol saturé d'eau serait alors insuffisante pour que les pluies puissent s'infiltrer en totalité. Ceci explique le ruissellement qui peut s'observer au cours de la saison des pluies.

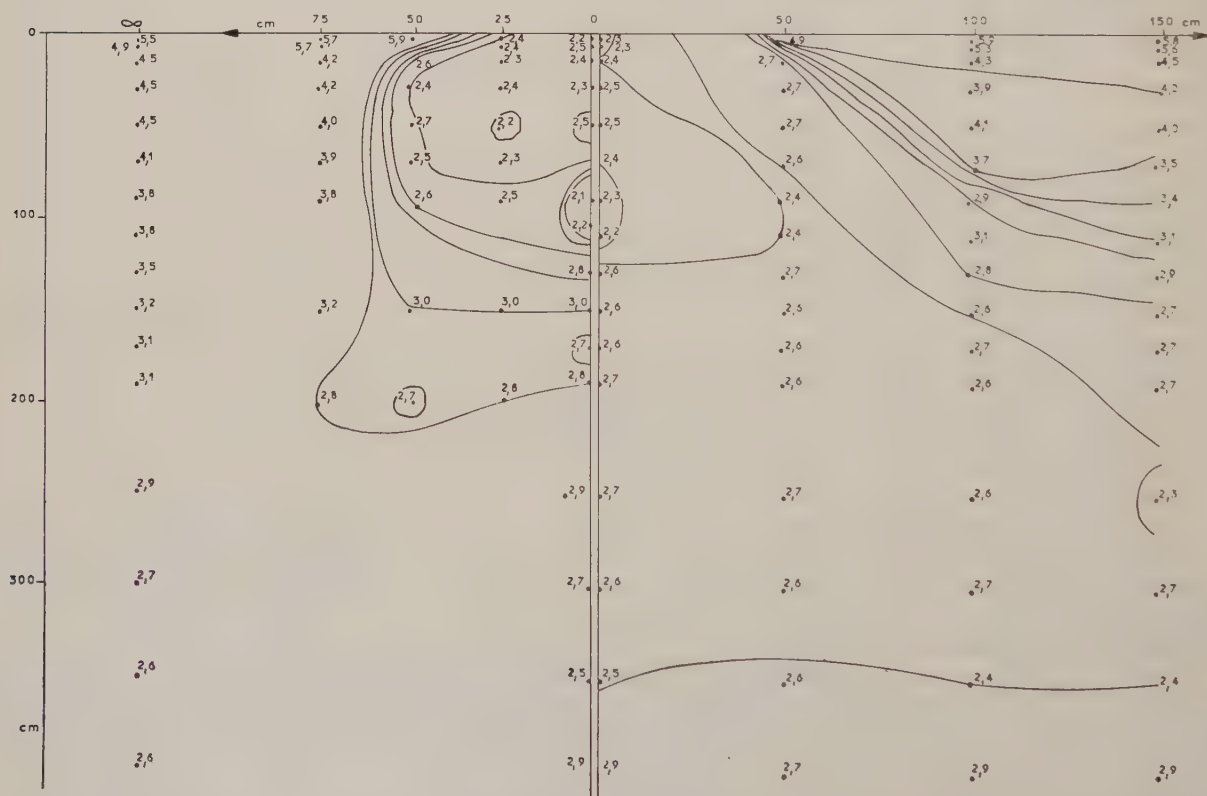
### G) Capacité de rétention et diffusion de l'eau dans le sol

Dans le but initial de mesurer la capacité au champ des différents horizons, des profils hydriques ont été relevés au sol Dior et en sol Dek après saturation par l'eau. Les profils ont été relevés :

au bout de vingt-quatre heures : au centre du périmètre saturé ; à 25, 50 et 75 cm de la bordure de la zone saturée ;

au bout de quarante-huit heures : au centre du périmètre saturé ; à 50 et 100 cm de la bordure.

La connaissance de l'humidité a permis grâce aux courbes tracées *a posteriori*, de transformer les chiffres



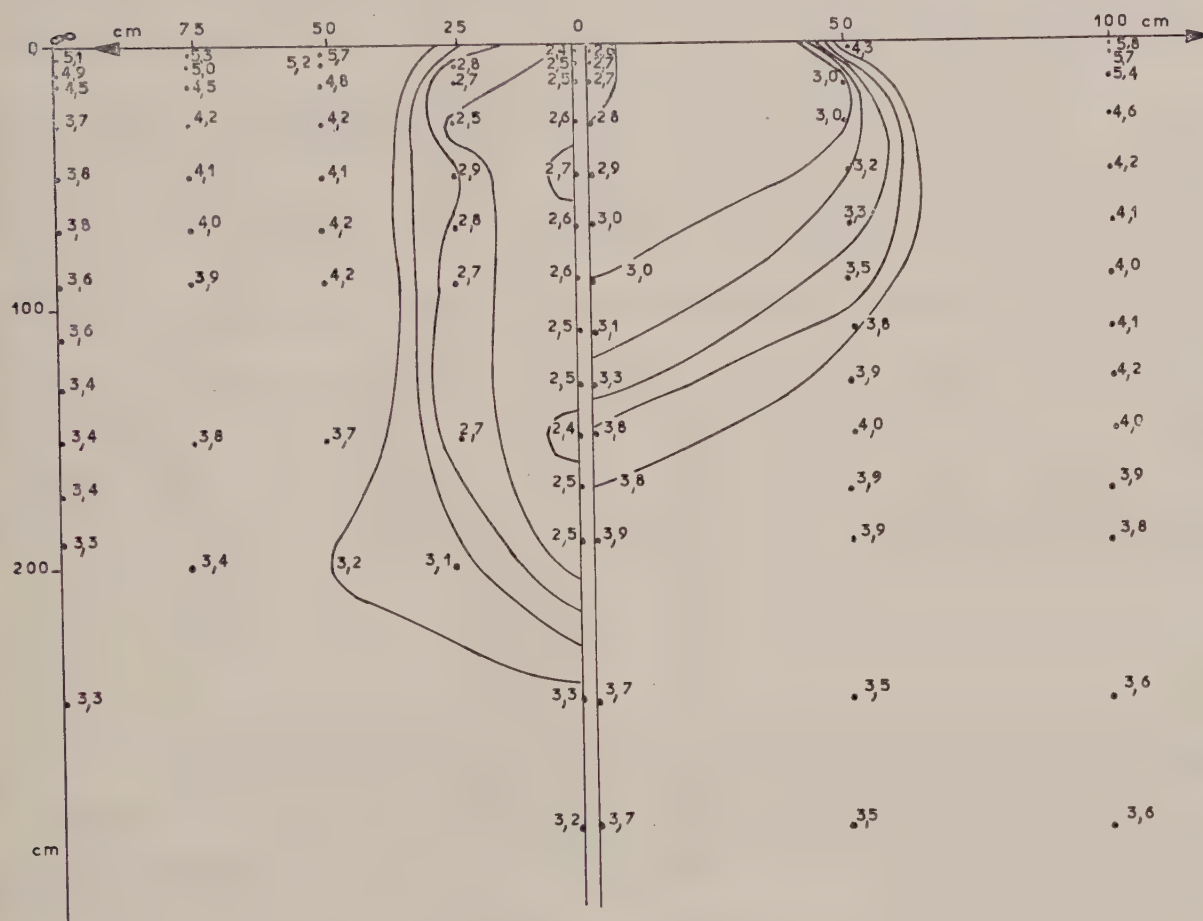
GRAPHIQUE 10.

Répartition des p F en sol Dek. Vingt-quatre heures après saturation, quarante-huit heures après saturation.

d'humidité en pF. Cette méthode, bien qu'estimative et moins précise que la mesure directe du pF, fournit cependant des résultats interprétables. Elle a été utilisée car nous ne disposions pas, au moment de l'expérimentation, de l'appareillage nécessaire pour la mesure de toute la gamme des pF.

Les graphiques 10 et 11 représentent la répartition des pF après vingt-quatre heures et quarante-huit heures de ressuyage en sol Dior et en sol Dek.

Plusieurs observations peuvent être faites à propos de ces graphiques.



GRAPHIQUE 11.

Répartition des pF en sol Dior.

Vingt-quatre heures après saturation. Quarante-huit heures après saturation.

#### a) MESURE DE LA CAPACITÉ DE RÉTENTION.

Celle-ci s'effectue en principe après vingt-quatre heures de ressuyage pour les sols sableux. Or qu'il s'agisse du sol Dior ou du sol Dek, le profil hydrique est loin d'être régularisé au bout de ce laps de temps ; les pF du sol Dior varient entre 2,2 et 2,8, ceux du Dek entre 2,4 et 2,8. Au bout de quarante-huit heures, par contre, les valeurs de pF sont stabilisées à 2,6 et 2,7 pour le sol Dior (exception faite d'un niveau à plus faible potentiel entre 35 et 60 cm). La valeur de pF 2,6 a été retenue comme correspondant à la capacité au champ pour les différents horizons du sol Dior. Cette valeur sera d'ailleurs confirmée par les relevés de profils hydriques effectués au cours de la saison des pluies.

En ce qui concerne le sol Dek, la mesure des pF effectuée au bout de quarante-huit heures de ressuyage ne peut servir à caractériser la capacité de rétention, car la diffusion verticale a été spécialement lente en raison de la nature plus argileuse du sol, et les pF sont anormalement élevés. La confrontation des mesures effectuées au bout de vingt-quatre heures et des profils hydriques relevés au cours de la saison des pluies tend également à placer la capacité de rétention à pF 2,6.

Il semble bien, d'après cette expérience, qu'un délai de quarante-huit heures après saturation soit insuffisant pour permettre au profil hydrique de se régulariser dans ces deux sols. Il faut sans doute attendre quatre à cinq jours.

#### b) DIFFUSION LATÉRALE DE L'EAU DANS LE SOL.

La comparaison des graphiques 10 et 11 montre que le comportement des deux sols est assez différent ; l'eau diffuse plus facilement dans le sens latéral en sol Dior qu'en sol Dek. La zone humidifiée a un rayon de 60 cm pour le Dior, de 40 cm pour le Dek, au bout de vingt-quatre heures. Après quarante-huit heures le front de l'humidité dépasse 1 m en sol Dior. En sol Dek il n'est qu'à 60 cm.

Ceci confirme l'observation faite à propos de la mesure de MÜNTZ. En rapprochant les chiffres de vitesse de diffusion latérale obtenus dans cet essai des chiffres calculés d'après la vitesse d'avancement du front d'humidité, on observe que dans les deux cas la vitesse de diffusion latérale en sol Dior est environ deux fois plus élevée qu'en sol Dek. Le sol Dior se comporte comme un milieu sensiblement isotrope ; le sol Dek est au contraire franchement anisotrope ; ceci s'observe souvent dans le cas des sols formés à partir de dépôts alluvionnaires.

#### c) INFILTRATION VERTICALE.

Au bout de vingt-quatre heures, la profondeur atteinte par l'eau est d'environ 2,20 m pour le sol Dek, 1,20 m pour le Dior.

La vitesse de diffusion de l'eau dans le sens vertical à partir d'une zone saturée est donc sensiblement plus élevée en sol Dek  $\frac{220}{24} = 9,2$  cm/h contre  $\frac{120}{24} = 5,0$  cm/h en sol Dior. Si l'on considère les mesures effectuées au bout de quarante-huit heures de ressuyage les chiffres deviennent 3,5 cm/h en sol Dek et 4,4 en sol Dior.

Le coefficient de pénétration se définit comme le rapport de la profondeur du sol mouillé à la hauteur d'eau ayant pénétré dans le sol. Ici cette hauteur d'eau a été d'environ 50 cm (dans l'anneau central).

Le coefficient de pénétration est donc de :

$$\frac{220}{50} = 4,4 \text{ en sol Dek}$$

$$\frac{120}{50} = 2,4 \text{ en sol Dior.}$$

Il est possible de retrouver par le calcul les valeurs de ce coefficient. Celui-ci peut en effet également se définir comme le rapport d'une hauteur de sol à la capacité de stockage de l'eau sur cette hauteur.

La capacité totale du sol pour l'eau, correspondant à la quantité maximum que celui-ci peut emmagasiner, est donnée par la valeur de la porosité, corrigée de l'humidité présente dans le sol.

Si l'on retient pour la porosité la valeur moyenne de 40 % pour les deux sols, la capacité totale brute de 1 m de sol sera donc de 400 mm.

Le coefficient de pénétration  $a$  se définira donc par la formule :  $a = \frac{1.000}{400 - b}$   
où  $b$  représente l'humidité, en mm, sur 1 m de sol.

En faisant varier  $b$  de 0 à la capacité de rétention (90 mm pour le sol Dior, 160 mm pour le Dek),  $a$  variera de 2,5 à 4,2. On retrouve l'ordre de grandeur des chiffres expérimentaux.

On peut retenir comme valeur moyenne pour  $a$  le chiffre 3, ce qui signifie qu'une pluie de 100 mm amènera à saturation environ 30 cm de sol.

Il est intéressant de noter que lorsque la tranche de sol de 1 m de hauteur se trouve tout entière à une humidité voisine de la capacité de rétention le volume lacunaire est encore de 310 mm en sol Dior, 240 en sol Dek. Il reste donc de larges possibilités de stockage de l'eau. Les risques d'asphyxie pour les racines dans de tels sols sont à peu près nuls.

Plus que la profondeur de sol saturé, il est important de connaître la profondeur de sol amené à la capacité de rétention après une pluie. La première ne représente en effet qu'une donnée temporaire, la seconde nous permet au contraire de situer à tous moments de la saison des pluies « le front de l'humidité » dans le profil, donc de connaître :

la profondeur accessible aux racines,

la migration des éléments facilement solubles tels que l'azote minéral et la potasse,

l'apparition du drainage à tel ou tel niveau.

TABLEAU 10

VALEURS COMPARÉES, EN RÉGIME PERMANENT, DU COEFFICIENT DE PERMÉABILITÉ K EN cm/h,  
MESURÉ PAR DIFFÉRENTES MÉTHODES

| Méthode utilisée                                                           | Conditions de la mesure            | Nombre d'essais retenus | Sol Dior |                   |                   | Sol Dek |                   |                   |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|
|                                                                            |                                    |                         | Moyenne  | Limite inférieure | Limite supérieure | Moyenne | Limite inférieure | Limite supérieure |
| a) DARCY                                                                   |                                    |                         |          |                   |                   |         |                   |                   |
| Terre tamisée ..                                                           | Sur seize horizons du profil 0-4 m | Dior : 37               | 0,98     | 0,38              | 2,63              | 0,88    | 0,46              | 1,73              |
|                                                                            |                                    | Dek : 22                |          |                   |                   |         |                   |                   |
| Echantillons in-                                                           | Sur cinq horizons du profil 0-1 m  | Dior : 3                | 4,80     | 4,20              | 5,10              | 4,00    | 1,70              | 6,25              |
| tacts                                                                      |                                    | Dek : 5                 |          |                   |                   |         |                   |                   |
| b) PORCHET .....                                                           | Trou de 50 cm                      | 2                       | 25,2     | 20,8              | 42,6              | 27,2    | 26,0              | 35,3              |
|                                                                            | Trou de 100 cm                     | 2                       | 69,8     | 68,5              | 89,5              | 76,5    | 65,0              | 150,0             |
| c) MÜNTZ .....                                                             | Anneau central                     | Dior : 3 Dek : 2        | 19,7     | 15,8              | 20,8              | 21,0    | 19,0              | 23,0              |
|                                                                            | Diffusion verticale                |                         |          |                   |                   |         |                   |                   |
|                                                                            | Anneau de garde                    | Dior : 3 Dek : 2        | 34,6     | 31,1              | 39,8              | 30,0    | 26,0              | 39,0              |
|                                                                            | Diffusion latérale                 |                         | 14,9     | 15,3              | 19,0              | 9,0     | 7,0               | 16,0              |
| d) CASES LYSIMÉ-                                                           | Sol saturé jusqu'à                 | 1                       |          |                   | 0,55              |         |                   | 0,55              |
| TRIQUES .....                                                              | 2 m                                |                         |          |                   |                   |         |                   |                   |
| e) DIFFUSION DE                                                            | Diffusion verticale                | 2                       | 4,6      | 4,4               | 5,0               | 6,3     | 3,5               | 9,2               |
| L'EAU DANS LE SOL                                                          | — latérale                         | 2                       | 3,1      | 2,5               | 3,7               | 1,4     | 1,1               | 1,7               |
| (vitesse d'avance-<br>ment du front<br>d'humidité dans<br>le sol en place) |                                    |                         |          |                   |                   |         |                   |                   |

Cette profondeur y nous est donnée par la formule :

$$y = a \times \frac{1}{\Delta}$$

où a représente la hauteur d'eau ayant pénétré dans le sol.

l une hauteur de sol convenablement choisie en fonction de a exprimée en mm.

$\Delta$  le déficit de rétention, en mm, pour la hauteur l de sol considérée,

y sera exprimé dans la même unité que a.

Si par exemple nous choisissons pour l la valeur de 1.000 mm, le déficit pourra varier entre 0 et 90 pour le sol Dior, entre 0 et 160 pour le sol Dek.

La valeur du coefficient  $\frac{1}{\Delta}$  pourra donc théoriquement varier dans de très larges limites :

entre  $\infty$  et 11,1 pour le sol Dior,

entre  $\infty$  et 6,2 pour le sol Dek.

Pratiquement la valeur la plus élevée du déficit observée a été, en 1960, de 72 mm en sol Dior et 118 mm en sol Dek pour 1 m de sol.

Les valeurs minima du coefficient  $\frac{1}{\Delta}$  qui leur correspondent sont de 14 pour le sol Dior et 8,5 pour le sol Dek.

En choisissant pour ce coefficient la valeur 10 pour les deux sols on est à peu près assuré de connaître ainsi rapidement la profondeur minimum de sol amenée à la capacité de rétention. Pour des pluies isolées, séparées par plusieurs jours de sécheresse, cette profondeur sera donnée par le chiffre de hauteur de pluie multiplié par 10 ; par exemple une pluie de 50 mm amènera a rétention au minimum 50 cm de sol.

Pour avoir une idée plus précise de cette profondeur de pénétration, il est indispensable d'avoir une bonne estimation du déficit et de choisir l de façon que le rapport  $\frac{a}{\Delta}$  soit aussi proche que possible de 1.

## 5) LES VARIATIONS DU POTENTIEL CAPILLAIRE

### a) Méthode utilisée

La saison des pluies de l'année 1959 a commencé à Bambey le 5 juin pour se terminer le 24 septembre. Le total des pluies n'a atteint que 448 mm ; l'année est donc très déficitaire par rapport à la normale qui est de 631 mm (période de 1922 à 1949). Le graphique 1 donne la répartition des pluies et les variations du pouvoir évaporant de l'air pendant cette période.

Un premier profil hydrique a été relevé en avril ; il peut être pris comme point de départ à défaut d'un profil relevé fin mai, immédiatement avant le début des pluies. L'erreur dans ce cas peut être tenue pour négligeable, car le dessèchement qui se produit au cours des derniers mois de la saison sèche est faible. Le deuxième profil a été relevé le 26 juin après la première pluie importante. Puis à dater de ce jour les profils ont été relevés chaque semaine.

Tous les profils hydriques ont été relevés par sondages effectués à faible distance les uns des autres, sous végétation naturelle. La surface de répartition des différents trous de sondages peut être estimée à 200 m<sup>2</sup>. La végétation naturelle celle d'une jachère relativement ancienne (cinq ans) à dominance de Graminées : *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida stipoides*, *Pennisetum* sp., auxquelles s'ajoutent de nombreuses messicoles et rudérales.

Chaque profil a été relevé jusqu'à une profondeur de 2 m et comporte douze prélèvements intéressant des couches de sol d'inégale épaisseur : 5 ou 10 cm pour les horizons superficiels (0-5, 5-10, 10-20), 20 cm ensuite (20-40, 40-60..., 180-200).

### b) Les résultats

On se contenta au début d'effectuer les mesures d'humidité. Par la suite, il apparut que l'hétérogénéité du sol, dans l'espace et dans le profil, pouvait amener des erreurs importantes dans l'estimation du déficit : à partir du 1<sup>er</sup> septembre, sur chaque prise d'essai, fut déterminée, en même temps que l'humidité, l'humidité équivalente (pF 3,0). La variabilité des valeurs d'humidité équivalente apparaît dans les tableaux.

Pour chaque horizon une valeur moyenne de l'humidité équivalente a été calculée. Deux profils moyens de sol Dior et de sol Dek ont ainsi été établis et ont servi de bases de référence pour les calculs de déficit. Les

TABLEAU 18

CARACTÉRISTIQUES HYDRIQUES COMPARÉES DE DEUX PROFILS MOYENS DE SOLS DIOR ET DEK

| Profondeurs en cm | Humidités exprimées en % de poids |                       |                        |         |       |      | Humidités exprimées en hauteurs d'eau (mm) |      |                |         |       |                |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|---------|-------|------|--------------------------------------------|------|----------------|---------|-------|----------------|
|                   | Sol Dior                          |                       |                        | Sol Dek |       |      | Sol Dior                                   |      |                | Sol Dek |       |                |
|                   | Humidité équivalente              | Capacité de rétention | Point de flétrissement | H. E.   | C. R. | pF   | C. R.                                      | pF   | Eau utilisable | C. R.   | pF    | Eau utilisable |
| 0-5               | 2,92                              | 4,38                  | 1,24                   | 6,33    | 8,23  | 2,72 | 3,3                                        | 0,9  | 2,4            | 6,6     | 2,2   | 4,4            |
| 5-10              | 2,93                              | 4,40                  | 1,24                   | 6,13    | 7,97  | 2,64 | 3,3                                        | 0,9  | 2,4            | 6,4     | 2,1   | 4,3            |
| 10-20             | 3,86                              | 5,79                  | 1,68                   | 6,95    | 9,03  | 2,99 | 8,7                                        | 2,5  | 6,2            | 14,4    | 4,7   | 9,7            |
| 20-40             | 4,18                              | 6,28                  | 1,82                   | 7,51    | 9,76  | 3,23 | 18,9                                       | 5,5  | 13,4           | 31,2    | 10,3  | 20,9           |
| 40-60             | 4,43                              | 6,65                  | 1,93                   | 7,84    | 10,19 | 3,37 | 20,0                                       | 5,8  | 14,2           | 32,6    | 10,8  | 21,8           |
| 60-80             | 3,52                              | 5,28                  | 1,53                   | 8,44    | 10,97 | 3,63 | 15,8                                       | 4,6  | 11,2           | 35,1    | 11,6  | 23,5           |
| 80-100            | 4,01                              | 6,01                  | 1,74                   | 8,39    | 10,91 | 3,61 | 18,0                                       | 5,2  | 12,8           | 34,9    | 11,5  | 23,4           |
| 100-120           | 3,82                              | 5,73                  | 1,66                   | 7,80    | 10,14 | 3,35 | 17,2                                       | 5,0  | 12,2           | 32,4    | 10,7  | 21,7           |
| 120-140           | 3,62                              | 5,43                  | 1,57                   | 7,28    | 9,46  | 3,13 | 16,3                                       | 4,7  | 11,6           | 30,3    | 10,0  | 20,3           |
| 140-160           | 3,86                              | 5,79                  | 1,68                   | 7,10    | 9,23  | 3,05 | 17,4                                       | 5,0  | 12,4           | 29,5    | 9,7   | 19,8           |
| 160-180           | 3,92                              | 5,88                  | 1,71                   | 7,24    | 9,41  | 3,11 | 17,7                                       | 5,1  | 12,6           | 30,1    | 9,9   | 20,2           |
| 180-200           | 4,32                              | 6,48                  | 1,88                   | 7,34    | 9,54  | 3,16 | 19,4                                       | 5,6  | 13,8           | 30,5    | 10,1  | 20,4           |
| MOYENNE .....     | 3,78                              | 5,67                  | 1,64                   | 7,36    | 9,60  | 3,16 |                                            |      |                |         |       |                |
| CUMUL à 40 cm ... |                                   |                       |                        |         |       |      | 34,2                                       | 9,8  | 24,4           | 58,6    | 19,3  | 39,3           |
| » à 100 cm ...    |                                   |                       |                        |         |       |      | 88,0                                       | 25,4 | 62,6           | 161,2   | 53,2  | 108,0          |
| » à 200 cm ...    |                                   |                       |                        |         |       |      | 176,0                                      | 50,8 | 125,2          | 314,0   | 103,6 | 210,4          |

valeurs de la capacité de rétention et du point de flétrissement ont été déduites de celles de l'humidité équivalente.

Pour le sol Dek la capacité de rétention a été déterminée comme valant 1,3 fois l'humidité équivalente ; pour le sol Dior le coefficient correcteur est de 1,5. Quant au point de flétrissement, il a été établi à la suite d'un certain nombre de résultats que, pour les deux sols envisagés, sa valeur était égale en moyenne à  $\frac{1}{2,3}$  celle de l'humidité équivalente (H.F. = 0,435 H.E.).

Le tableau 18 et le graphique 12 donnent les caractéristiques hydriques des deux profils moyens de sol Dior et de sol Dek : humidité équivalente, capacité de rétention, point de flétrissement des différents horizons.

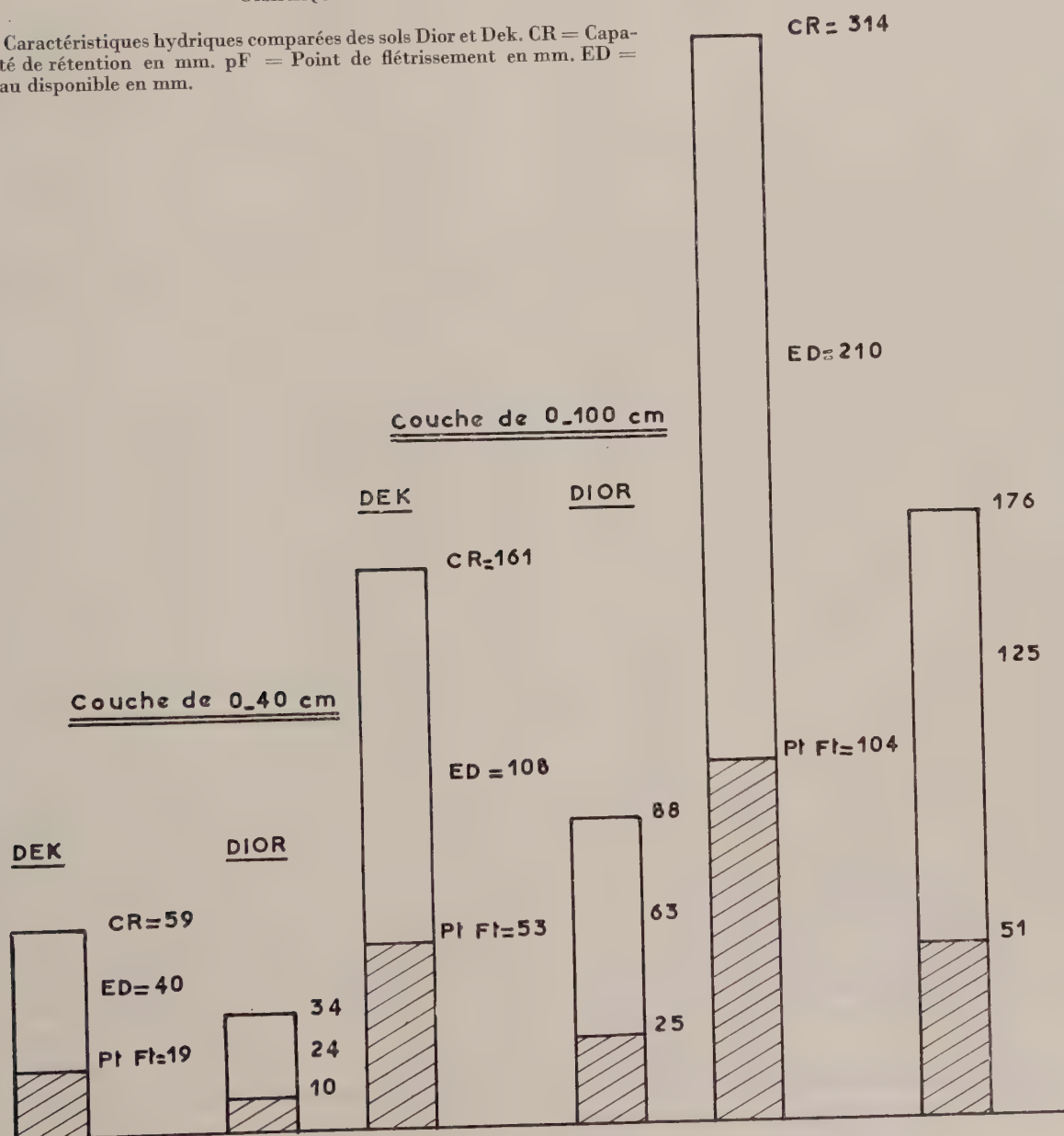
Couche de 0-200 cm

DEK

DIOR

GRAPHIQUE 12.

Caractéristiques hydriques comparées des sols Dior et Dek. CR = Capacité de rétention en mm. pF = Point de flétrissement en mm. ED = Eau disponible en mm.



### c) La saison des pluies

Les valeurs d'humidité ont été transformées en pF grâce aux courbes des graphiques 2 et 3 établies pour différents horizons des deux sols. Ces chiffres, de par la méthode utilisée, ne peuvent prétendre à une grande précision. Ils ont néanmoins une valeur indicative.

Il est impossible de suivre d'une façon continue les courbes de même pF au cours de cette période car les pluies introduisent une série de discontinuités. Alors que sur un même profil, certaines zones sont en voie de réhumectation, d'autres sont en voie de dessèchement. Cette alternance des phases d'humectation et de dessèchement se poursuit jusqu'à la saturation\* complète du profil.

Les graphiques 13 et 14 mettent en parallèle la pluviométrie et, dans chaque profil, les zones dont les humidités sont supérieures ou égales à la capacité de rétention, inférieures ou égales au point de flétrissement ( $pF \leq 2,6$  ;  $pF \geq 4,2$ ).

La saturation\* du sol Dior se produit après la grande pluie du 27 août (110 mm) alors que le sol Dek n'approche de la saturation que fin septembre. Il faut noter que, tout en l'approchant de très près, le sol Dek n'atteindra pas la capacité de rétention au cours de l'année 1959. Ce fait exceptionnel a été confirmé par les résultats des cases lysimétriques : plusieurs cases n'ont pas drainé cette année-là. La vitesse de saturation du profil et le volume du drainage ne sont d'ailleurs pas sous la seule dépendance du sol, ainsi que l'ont montré les études faites en cases lysimétriques [6] ; la végétation, par sa transpiration plus ou moins active, est un facteur tout aussi important. C'est ainsi qu'au cours de l'année 1959 seules les cases portant une culture de mil ont drainé aussi bien en sol Dior qu'en sol Dek. Les autres cases, qui se trouvaient être sous jachère, n'ont pas drainé (sauf un millimètre pour la case 5, en sol Dek).

En ce qui concerne la date de début de drainage, quatre cases ont commencé à drainer entre le 2 et le 6 septembre, deux cases le 21 septembre. Ces observations recoupent donc celles qui ont été faites au champ, d'après les relevés de profils hydriques. Mais on voit qu'il serait erroné d'interpréter les différences observées entre sol Dior et sol Dek comme imputables uniquement à la nature même des sols. L'état de la végétation naturelle (densité, activité respiratoire), que portaient les deux sols cette année-là, explique au moins aussi bien les différences observées dans la saturation des profils.

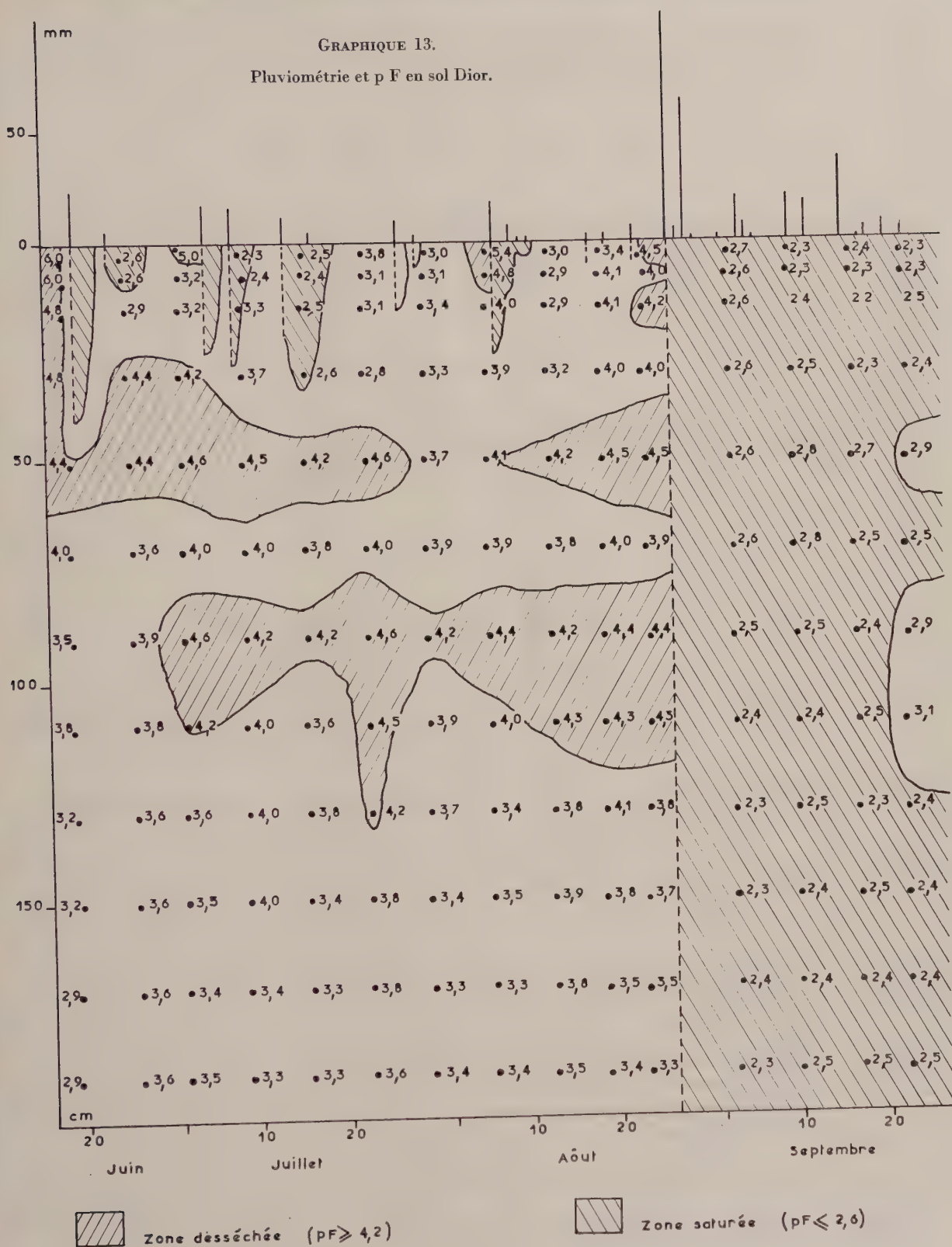
Il aura donc fallu, en 1959, 321 mm de pluie pour observer un commencement de drainage en sol Dior sous jachère naturelle et 435 mm pour amener le sol Dek au voisinage de la capacité de rétention. Ces chiffres varient d'une année sur l'autre suivant la répartition des pluies et le développement de la végétation [6].

Jusqu'au 1<sup>er</sup> septembre, les zones asséchées, dont l'humidité est inférieure au point de flétrissement, n'ont pas la même importance en sol Dior et en sol Dek. Dans les deux sols il existe une zone asséchée vers 50 cm de profondeur, l'extension maximum de cette zone allant de 20 à 60 cm. Sur les graphiques 13 et 14 on constate que cette zone constitue le reliquat de la croûte desséchée qui, avant les pluies, atteignait 60 cm de profondeur. Sa limite inférieure reste à peu près fixe, mais sa limite supérieure varie beaucoup suivant les alternances de l'humectation par les pluies et du dessèchement. Le dessèchement peut également apparaître dans les 10 ou 20 premiers centimètres quand les pluies sont trop espacées. Au-dessous de 60 cm le potentiel capillaire diminue assez régulièrement, en sol Dek, avec la profondeur. Au contraire en sol Dior, il se reforme, début juillet une nouvelle zone asséchée à partir de 80 cm. La limite supérieure de cette zone reste à peu près fixe autour de 80 cm, sa limite inférieure pouvant descendre jusqu'à 130 cm. Elle semble nettement séparée de la première par l'horizon 60-80 cm, dont le pF reste constamment inférieur à 4.2. L'existence de cet horizon asséché en sol Dior peut s'expliquer de deux manières. Peut-être représente-t-il la limite de profondeur atteinte par les pluies, dont aucune n'est supérieure à 25 mm au cours de cette période. Cet horizon marquerait ainsi une discontinuité, l'assèchement se produisant à la fois au-dessous et au-dessus de lui. Ou au contraire peut-on penser que l'alimentation hydrique de la plante se fait préférentiellement vers 1 m de profondeur ; cette hypothèse peut difficilement être retenue, d'autant qu'il s'agit essentiellement ici d'une végétation graminéenne, à système racinaire fasciculé, concentré dans les premiers centimètres superficiels. La première hypothèse nous semble plus vraisemblable.

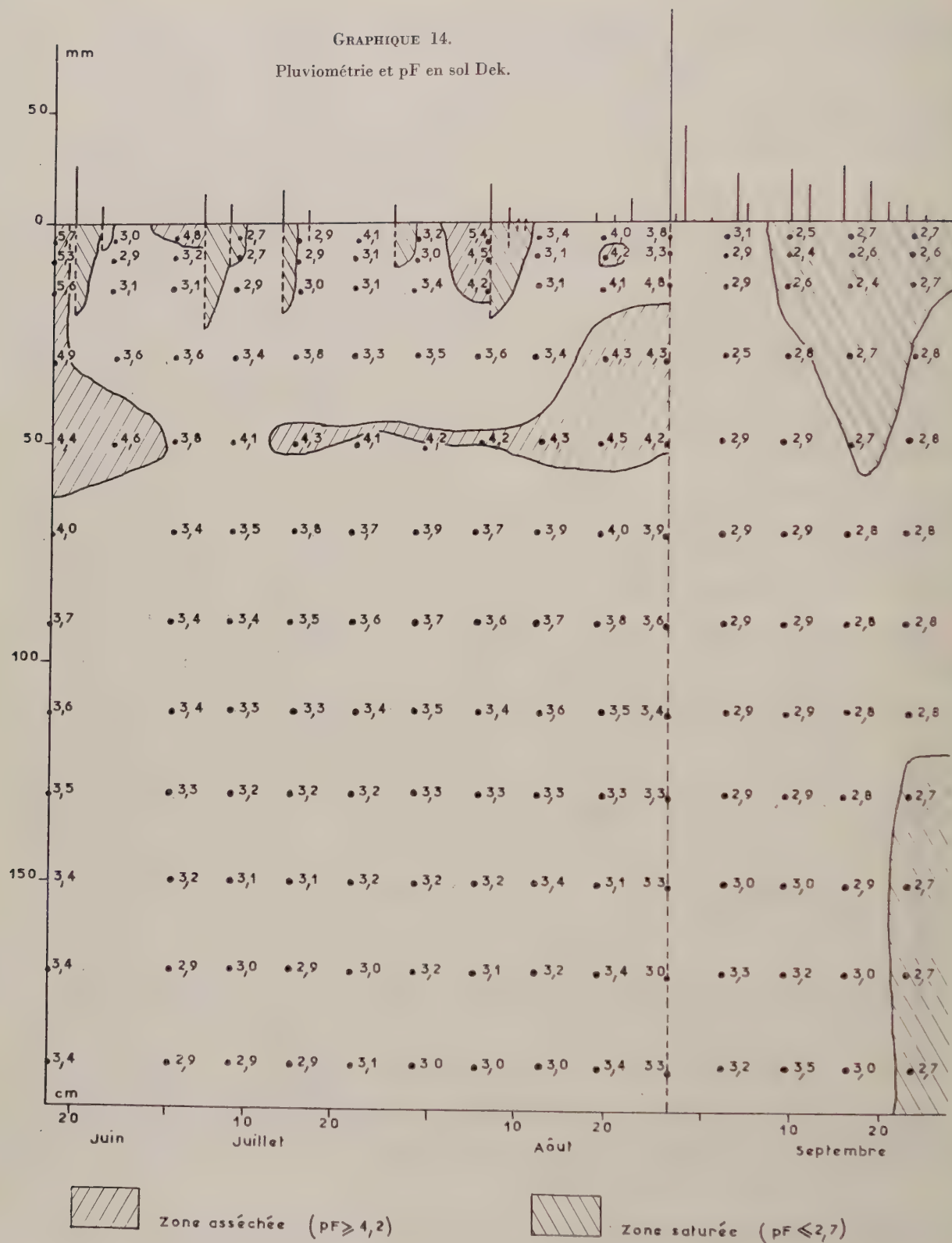
Il apparaît donc que, dans la période précédant la saturation, le dynamisme de l'eau dans le sol obéit à plusieurs causes jouant simultanément ; la complexité qui en résulte permet difficilement de déduire, à une date déterminée, d'après les seules données météorologiques (pluies et évaporation) l'allure des courbes de potentiel

\* Le terme saturation est employé ici dans le sens de mise à la capacité de rétention. Dans cette acceptation, il est utilisé, bien qu'improprement, par de nombreux auteurs.

GRAPHIQUE 13.  
Pluviométrie et p F en sol Dior.



GRAPHIQUE 14.  
Pluviométrie et pF en sol Dek.



le long d'un profil de sol. Seules les mesures expérimentales semblent devoir nous renseigner avec certitude à ce sujet.

Il est cependant possible, grâce au calcul théorique de TURC portant sur l'évapotranspiration décadaire (tableau 23), d'évaluer la descente de l'eau et d'avoir, à tout moment, une estimation de la position du « front de saturation » dans le profil.

TABLEAU 23

CALCUL DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION D'APRÈS LA FORMULE DE TURC

| Mois et décades     | P   | l  | z  | V  | a  | E  |
|---------------------|-----|----|----|----|----|----|
| Mai 1959 .....      | 0   | 50 |    | 0  | 3  | 3  |
| Juin .....          | 33  | 50 |    | 0  | 1  | 30 |
| Juillet 1 .....     | 28  | 46 | 1  | 34 | 1  | 45 |
| — 2 .....           | 22  | 46 | 2  | 21 | 1  | 37 |
| — 3 .....           | 16  | 46 | 3  | 10 | 1  | 25 |
| Août 1 .....        | 38  | 41 | 4  | 5  | 1  | 30 |
| — 2 .....           | 10  | 41 | 5  | 17 | 1  | 26 |
| — 3 .....           | 180 | 41 | 6  | 5  | 1  | 40 |
| Sept. 1 .....       | 65  | 45 | 7  | 40 | 12 | 48 |
| — 2 .....           | 53  | 45 | 8  | 40 | 12 | 48 |
| — 3 .....           | 22  | 45 | 9  | 40 | 12 | 47 |
| Oct. 1 .....        | 0   | 47 | 10 | 40 | 12 | 44 |
| — 2 .....           | 0   | 47 | 11 | 40 | 1  | 39 |
| — 3 .....           | 0   | 47 | 12 | 40 | 1  | 37 |
| Nov. ....           | 0   | 39 |    | 0  | 3  | 3  |
| Décembre 1959 ..... | 0   | 32 |    | 0  | 3  | 3  |
| Janvier 1960 .....  | 0   | 33 |    | 0  | 3  | 3  |
| Février .....       | 0   | 40 |    | 0  | 3  | 3  |
| Mars .....          | 0   | 45 |    | 0  | 3  | 3  |
| Avril .....         | 0   | 48 |    | 0  | 3  | 3  |
| Mai .....           | 0   | 50 |    | 0  | 3  | 3  |

P = Pluviométrie décadaire ou mensuelle en mm.

l = Paramètre dépendant de la température et de la radiation globale (valeur décadaire).

z = Phase active de la végétation (en décades).

V = Paramètre dépendant de la végétation.

a = Hauteur d'eau susceptible d'être évaporée par le sol nu pendant une décade (en mm).

E = Evapotranspiration décadaire ou mensuelle en mm.

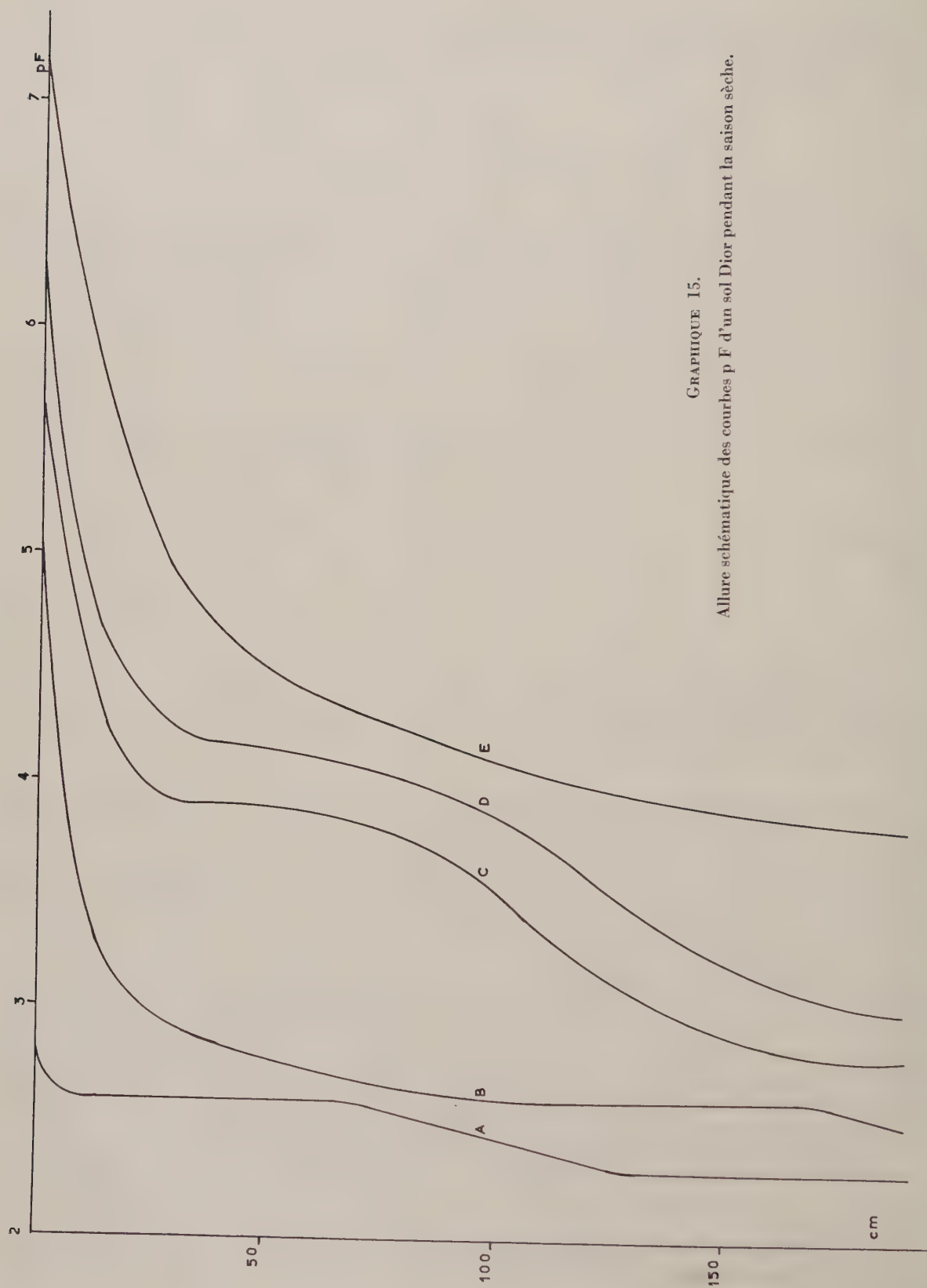
Connaissant, pour chaque décade, la pluviométrie et l'évapotranspiration, on en déduit par différence la hauteur d'eau demeurée dans le profil à la fin de la décade. Ce chiffre multiplié par le rapport hauteur de sol sur déficit correspondant donne la profondeur de sol saturée à la fin de la décade.

Ces calculs ont été faits pour les deux sols ; ils confirment ce qui a été observé au champ : jusqu'au 28 août la hauteur de sol amenée à la capacité de rétention n'a pas dépassé 10 cm ; les fortes pluies qui ont suivi ont amené une saturation complète du profil. Il serait intéressant de comparer les valeurs mesurées et calculées pour une pluviométrie plus régulièrement répartie.

Au contraire, à partir du 1<sup>er</sup> septembre le processus devient moins difficile à suivre. Le profil relevé le 3 septembre montre que les potentiels capillaires diminuent avec la profondeur en sol Dior, ce qui tend à prouver que tous les horizons jusqu'à 2 m de profondeur ont atteint ou dépassé la capacité de rétention et que au delà de 2 m le mouvement de l'eau continue à se faire *per descensum*. La phase de drainage commence et se poursuivra jusqu'à l'arrêt des pluies, le 24 septembre. Il faut noter d'ailleurs qu'au cours de cette période les pluies sont de moyenne importance, l'évaporation est intense et l'on peut observer un drainage à 2 m de profondeur, alors que certains horizons du profil ont déjà un potentiel capillaire supérieur à la capacité de rétention.

Pour le sol Dek, le relevé du 3 septembre montre un profil stabilisé à pF 2,9 jusqu'à 130 cm ; au-dessous les pF dépassent 3,0. Cette situation reste sensiblement la même, avec toutefois une baisse du potentiel progressive à partir de la surface, jusqu'au 24 septembre. A cette date, de 30 à 110 cm, les pF sont à 2,8, puis ils passent, en dessous, à 2,7.

On se trouve donc très près de la capacité de rétention. Celle-ci ne pouvant être déterminée avec une certitude absolue, il se peut même qu'en sol Dek elle soit mieux définie par la valeur du pF 2,7 que par celle du pF 2,6.



GRAPHIQUE 15.

Allure schématique des courbes  $p F$  d'un sol Dior pendant la saison sèche.

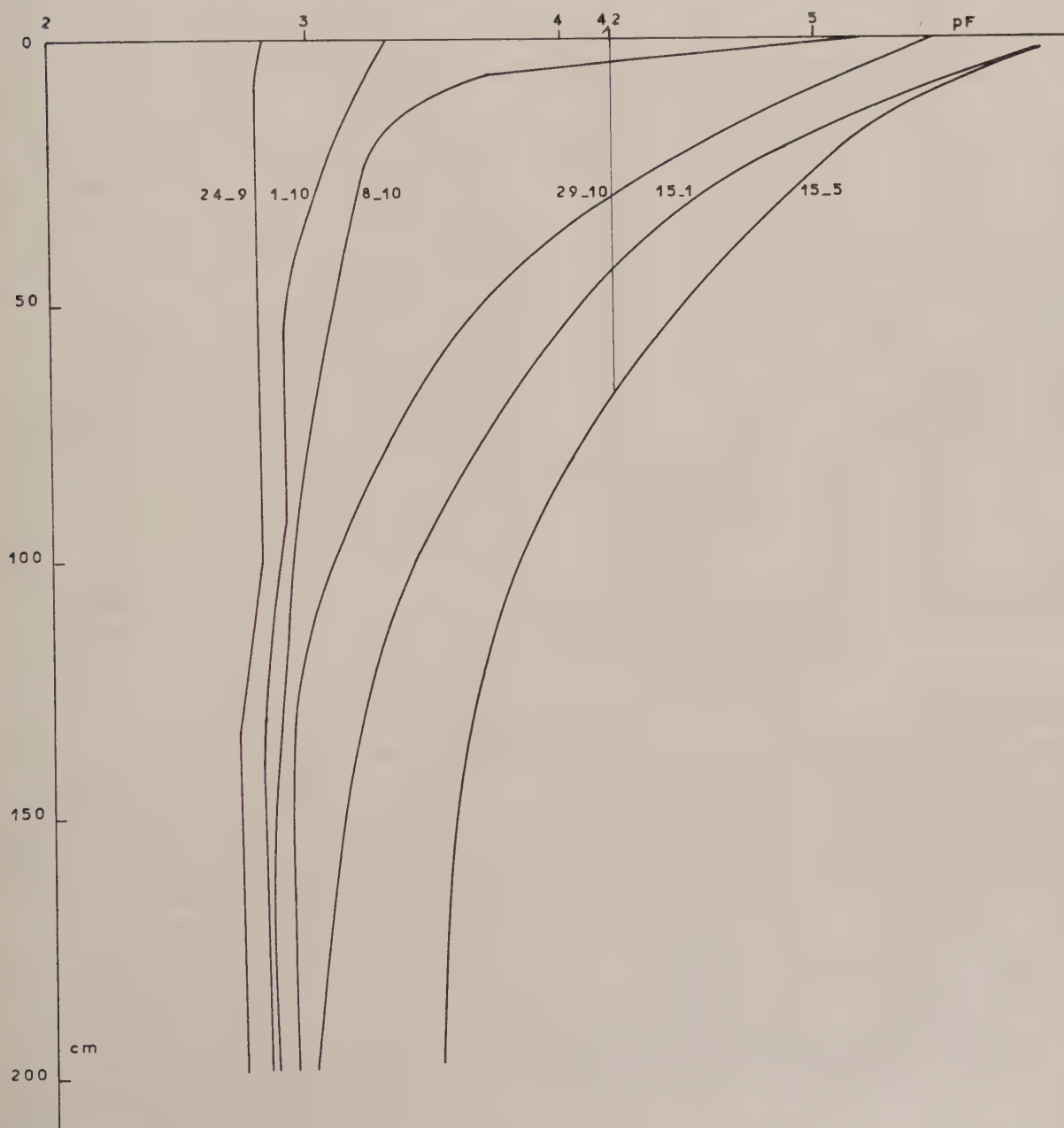
De toute façon on ne commet certainement pas une erreur grave en assimilant le profil du 24 septembre en sol Dek à un profil saturé. Cette assimilation sera faite par la suite pour le calcul du déficit et de l'évapotranspiration.

#### d) La saison sèche

A partir du 24 septembre, les pluies cessent ; les mouvements d'humidité dans le sol ne peuvent être qu'ascendants, sous l'influence de l'évapotranspiration. Au cours de cette période, qui va du 24 septembre 1959 à la mi-juin 1960, les relevés de profils hydriques ont été plus espacés, en raison des moindres variations d'humidité : tous les quinze jours au début de la période, puis tous les mois.

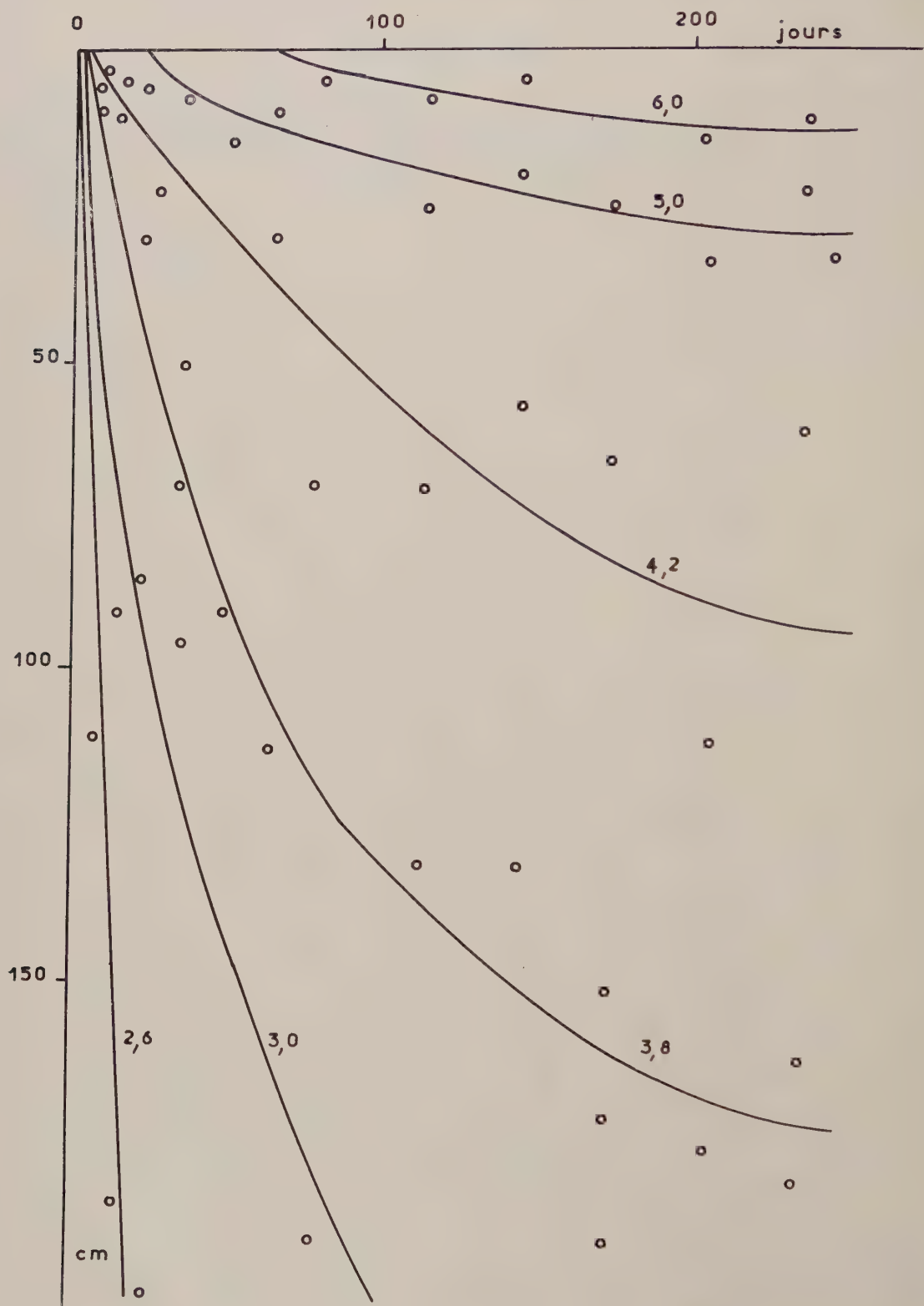
Les graphiques 15 et 16 montrent schématiquement la variation des valeurs de  $pF$  avec la profondeur.

GRAPHIQUE 16. — Allure schématique des courbes de  $pF$  dans un sol Dek pendant la saison sèche.



GRAPHIQUE 17.

Evolution du p F d'un sol Dior au cours de la saison sèche.



Pour les deux sols l'évolution des courbes est sensiblement identique mais la vitesse de dessèchement est plus grande en sol Dior. Le dessèchement des horizons superficiels est extrêmement rapide : en moins de quinze jours on atteint des valeurs de pF 5,0 dans la couche de 0 à 5 cm. Par la suite l'augmentation de pF se fait moins rapidement dans cet horizon ; à la fin de la saison sèche le pF atteint en surface les valeurs de 6,0-6,2 en sol Dek, 6,6-6,8 en sol Dior. Les courbes, au bout de quinze jours de dessèchement, marquent une cassure très nette vers 20 cm de profondeur, cette cassure étant provoquée par la disparition des variations de pF dans les horizons superficiels et en profondeur. Par la suite, cette cassure tend à s'effacer, un mouvement s'amorçant en sens inverse : les pF augmentant moins en surface qu'en profondeur.

Les sondages n'atteignent que 2 m de profondeur, mais les variations d'humidité affectent des couches plus profondes. Dès la deuxième semaine après la cessation des pluies, le pF 2,6, représentant la valeur de la capacité de rétention, se trouve à une profondeur supérieure à 2 m en sol Dior (graphique 17). En sol Dek, cette valeur ayant tout juste été atteinte par certains horizons, il n'a pas été possible de suivre sa variation avec la profondeur.

TABLEAU 17

PROFILS RELEVÉS JUSQU'À 4 m DE PROFONDEUR EN SOL DIOR ET DEK, LE 9-12-60

| Profondeurs en cm | H. E.<br>% | H %  | H. E.<br>% | H %  | Dior pF | Dek pF | H mm  | D. E.<br>mm | D mm  | H mm  | E. D.<br>mm | D mm  |
|-------------------|------------|------|------------|------|---------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|
| 0-5               | 3,59       | 0,54 | 6,29       | 1,37 | 5,5     | 5,5    | 0,3   | 0,0         | 3,0   | 1,1   | 0,0         | 5,5   |
| 5-10              | 3,58       | 0,79 | 6,58       | 1,90 | 4,9     | 5,2    | 0,5   | 0,0         | 2,8   | 1,4   | 0,0         | 5,0   |
| 10-10             | 3,57       | 1,12 | 6,65       | 2,35 | 4,5     | 4,8    | 1,8   | 0,0         | 6,9   | 3,9   | 0,0         | 10,5  |
| 20-40             | 3,99       | 1,33 | 7,33       | 3,70 | 4,5     | 4,2    | 4,2   | 0,0         | 14,7  | 12,2  | 1,9         | 19,0  |
| 40-60             | 4,37       | 1,69 | 8,49       | 4,72 | 4,5     | 4,1    | 5,1   | 0,0         | 14,9  | 14,0  | 3,2         | 18,6  |
| 60-80             | 3,54       | 1,39 | 9,09       | 5,14 | 4,1     | 4,1    | 4,1   | 0,0         | 11,7  | 15,3  | 3,7         | 19,8  |
| 80-100            | 3,02       | 1,25 | 8,24       | 5,35 | 3,8     | 3,9    | 5,0   | 0,0         | 13,0  | 17,5  | 6,0         | 17,4  |
| 100-120           | 2,38       | 1,24 | 9,20       | 5,94 | 3,8     | 3,8    | 6,0   | 1,0         | 11,2  | 16,1  | 5,4         | 16,3  |
| 120-140           | 3,47       | 2,26 | 9,29       | 6,59 | 3,5     | 3,7    | 7,1   | 2,4         | 9,2   | 16,5  | 6,6         | 13,8  |
| 140-160           | 3,11       | 2,54 | 9,36       | 6,72 | 3,2     | 3,7    | 9,5   | 4,5         | 7,9   | 16,3  | 6,6         | 13,2  |
| 160-180           | 3,50       | 3,32 | 9,49       | 7,23 | 3,1     | 3,6    | 11,2  | 6,1         | 6,5   | 17,7  | 7,8         | 12,4  |
| 180-200           | 3,72       | 3,37 | 9,86       | 7,93 | 3,1     | 3,5    | 11,7  | 6,1         | 7,7   | 18,9  | 8,8         | 11,6  |
| 250               | 3,00       | 3,24 | 11,79      | 9,69 | 2,9     | 3,3    | 24,3  | 14,6        | 9,4   | 77,5  | 36,4        | 16,8  |
| 300               | 2,18       | 3,00 |            |      | 2,7     |        | 22,5  | 15,4        | 2,0   |       |             |       |
| 350               | 2,28       | 3,50 |            |      | 2,6     |        | 26,2  | 18,8        | 0,0   |       |             |       |
| 400               | 6,67       | 8,52 |            |      | 2,6     |        | 64,0  | 42,0        | 10,0  |       |             |       |
| CUMUL à 40 cm ... |            |      |            |      |         |        | 6,8   | 0,0         | 27,4  |       |             |       |
| » à 100 .....     |            |      |            |      |         |        | 21,0  | 0,0         | 67,0  | 18,6  | 1,9         | 40,0  |
| » à 200 .....     |            |      |            |      |         |        | 66,5  | 20,1        | 109,5 | 65,4  | 14,8        | 95,8  |
| » à 300 .....     |            |      |            |      |         |        | 113,3 | 50,1        | 120,9 | 150,9 | 53,4        | 163,1 |
| » à 400 .....     |            |      |            |      |         |        | 145,9 | 111,1       | 130,9 |       |             |       |

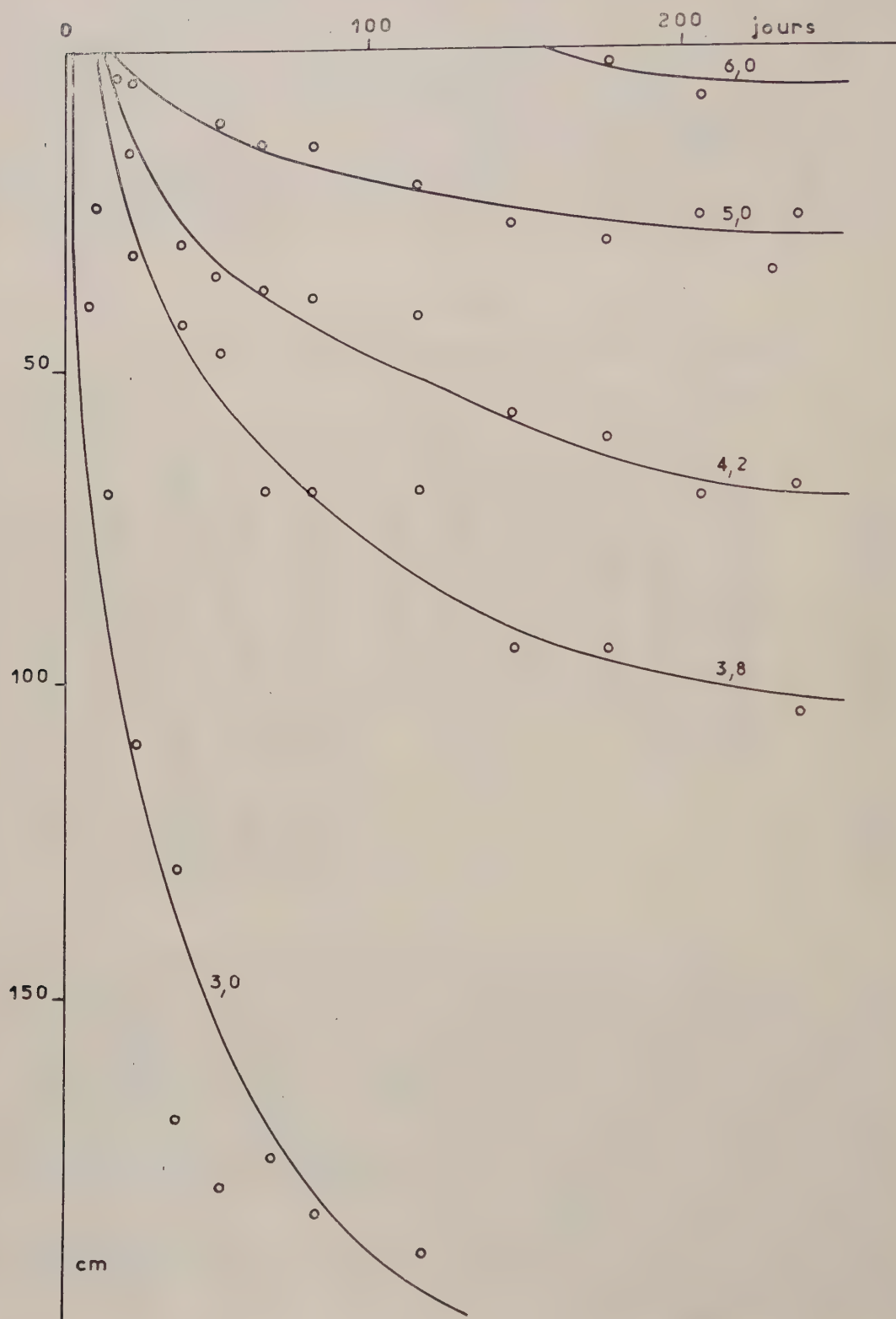
Deux profils atteignant 4 m de profondeur ont été relevés en décembre 1960 (tableau 17) ; en sol Dior, la couche où l'on trouve une humidité égale à la capacité de rétention se situe entre 3 m et 3,50 m de profondeur. Nous manquons malheureusement de données pour la fin de la saison sèche mais il est vraisemblable qu'au mois de mai on ne peut pas trouver une humidité correspondant à la capacité de rétention à moins de 4 m de profondeur. Il ressort bien, d'ailleurs, de la lecture des tableaux et graphiques, que si les pF augmentent lentement dans les horizons superficiels en fin de saison sèche, leur accroissement est nettement plus sensible en profondeur.

Les graphiques 17 et 18 montrent des différences entre le comportement du sol Dior et celui du sol Dek. Le dessèchement en sol Dior est sensiblement plus rapide. A la date du 15 mai, le pF 4,2 se situe à une profondeur moyenne de 70 cm en sol Dek, contre 90 cm en sol Dior ; le pF 3,8 à 1 m en sol Dek contre 1,70 m en sol Dior. Dès le 20 novembre, le pF 6,0 est atteint dans l'horizon superficiel du sol Dior (0-5) ; il faut attendre le 1<sup>er</sup> mars pour que la même valeur soit atteinte en sol Dek.

Si l'on suit l'une des courbes de pF, par exemple celle de pF 3,8, on voit que la variation avec la profondeur est très rapide au début, jusqu'au mois de décembre ; ensuite le mouvement se ralentit et le pF ne « descend » plus que lentement dans le profil.

GRAPHIQUE 18.

Evolution des p F d'un sol Dek au cours de la saison sèche.



Il est difficile de parler d'une « croûte » desséchée en fin de saison sèche puisque les profils de pF ne mettent en évidence aucune discontinuité marquée ; cette discontinuité existe bien au début de la période d'assèchement ; mais, par la suite, le profil tend à se régulariser avec la progression du dessèchement en profondeur. Si le phénomène s'accroît encore, on peut penser que les profils de pF tendraient vers des droites. Les valeurs de pF seraient alors inversement proportionnelles à la profondeur ; la limite de la « croûte » desséchée ne pourrait être définie qu'en se fixant une valeur de pF.

Nous pouvons prendre comme valeur celle qui correspond à l'hygroscopticité de l'air. Au mois de mai 1960 la valeur moyenne de l'hygrométrie fut de 52 %, ce qui correspond à un pF de 6,0.

L'épaisseur de la croûte desséchée, dont l'humidité est en équilibre avec l'hygrométrie de l'air, et à travers laquelle les mouvements d'humidité ne peuvent se faire que sous forme gazeuse, est de 5 cm en sol Dek, et peut atteindre 12 à 15 cm en sol Dior au mois de mai.

## 5) L'ÉVAPOTRANSPIRATION

### a) Expression des résultats

Les chiffres d'humidité exprimés en pourcentage de poids par rapport au sol sec peuvent être transformés en chiffres de hauteur d'eau, de la façon suivante :

Soit : y l'épaisseur en cm de la couche de sol intéressée,  
d la densité apparente du sol,  
z l'humidité de la couche.

La valeur de x, hauteur d'eau en mm dans l'horizon, sera donnée par la formule :

$$x = z.d. \frac{y}{10}$$

Les valeurs retenues pour d ont été de : 1,6 pour tous les horizons de sol Dek et 1,5 pour tous les horizons de sol Dior.

Le tableau 18 donne les valeurs moyennes de la capacité de rétention et du point de flétrissement pour tous les horizons d'un profil de sol Dior et d'un profil de sol Dek. Ces valeurs ont été cumulées pour la couche de 0 à 40 cm, de 0 à 100, de 0 à 200. Le graphique 12 illustre ces données. On voit que la capacité de rétention de la couche 0-100 pour le sol Dek représente 314 mm d'eau, contre 176 seulement pour le sol Dior. Ces deux chiffres sont dans le rapport 1,8. Les points de flétrissement ont respectivement pour valeur 104 et 51 mm, soit un rapport de 2,0.

La quantité d'eau disponible pour les plantes est donnée théoriquement par la différence entre la capacité de rétention et le point de flétrissement, soit 210 mm pour le sol Dek contre 125 mm pour le sol Dior. Les plantes auront donc à leur disposition 1.7 fois plus d'eau en sol Dek qu'en sol Dior.

Le déficit de rétention se calcule par la différence entre la capacité de rétention et l'humidité de la couche étudiée.

Pour un intervalle de temps donné séparant deux relevés de profils hydriques, la pluviométrie, l'évapotranspiration, le drainage et les déficits des deux profils doivent satisfaire à l'équation :

$$P = E + D + \Delta 1 - \Delta 2$$

où P = Pluviométrie  
E = Evapotranspiration  
D = Drainage  
 $\Delta 1$  = Déficit au début de l'intervalle  
 $\Delta 2$  = Déficit à la fin de l'intervalle.

} pendant l'intervalle de temps considéré.

toutes ces valeurs étant exprimées en mm.

Connaissant P,  $\Delta 1$  et  $\Delta 2$  nous pouvons donc en déduire la somme E + D. Mais le drainage ayant été faible à nul au cours de l'hivernage 1959, nous avons pu soit le négliger, soit l'évaluer sans grand risque d'erreur d'après les mesures faites en cases lysimétriques.

Nous avons ainsi une mesure de E pour toutes les périodes de l'année.

## b) L'évapotranspiration pendant la saison des pluies

Afin de réduire l'erreur due à l'hétérogénéité du terrain, les valeurs de l'humidité, exprimées en hauteur d'eau pour chaque profil, ont été corrigées de la façon suivante :

Soit  $H$  l'humidité de la couche étudiée,

$B$  son humidité équivalente,

$A$  l'humidité équivalente moyenne de la couche étudiée.

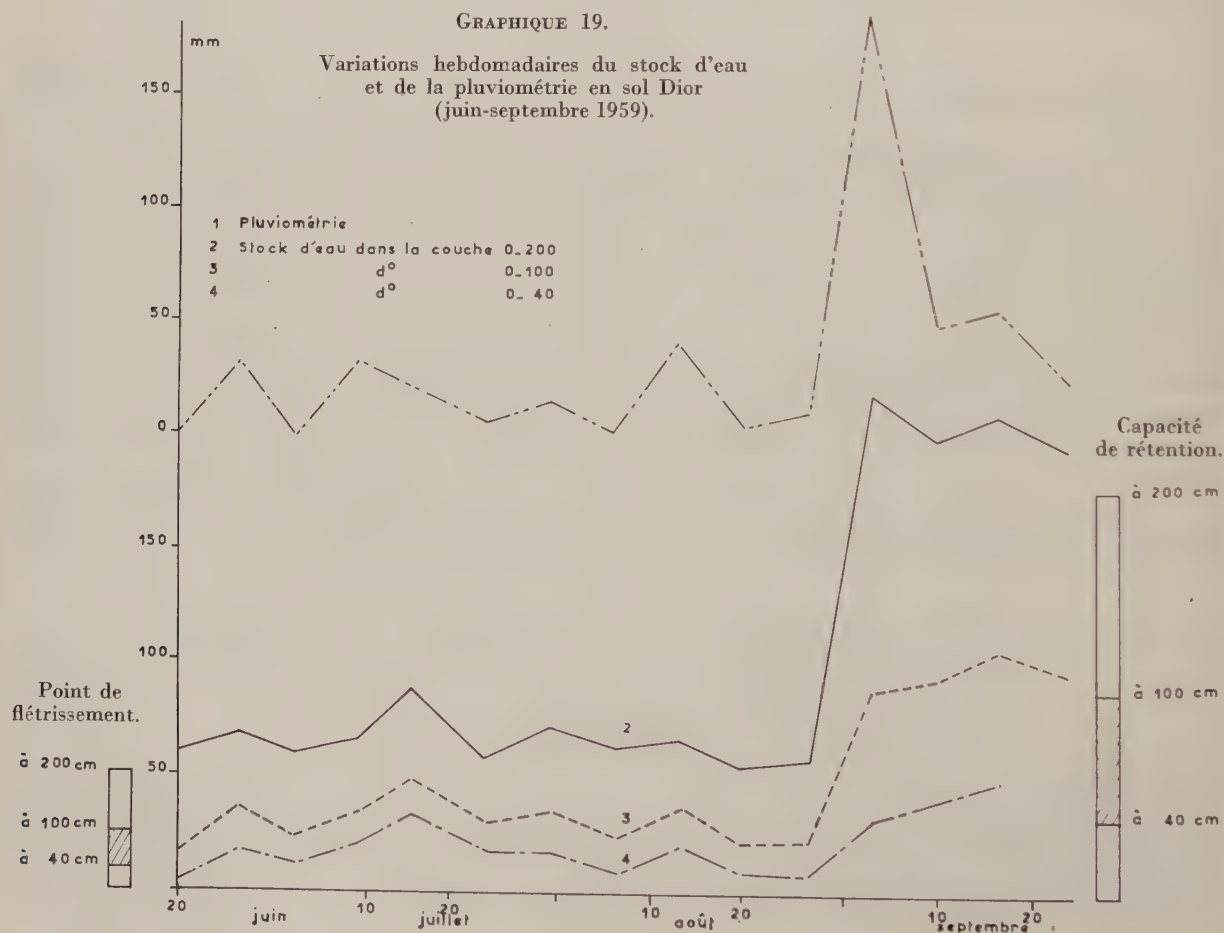
la valeur corrigée  $H'$ , de l'humidité, sera donnée par la formule :

$$H' = H \times \frac{A}{B}$$

Il eût été sans doute plus rigoureux de passer par l'intermédiaire des  $pF$ , mais cette méthode présentait l'inconvénient d'être trop longue et, par ailleurs, entachée d'une autre imprécision, celle de la mesure expérimentale des  $pF$ . Telle quelle, la première méthode nous a permis d'améliorer sensiblement nos résultats. Il faut noter qu'elle n'a pu être appliquée à tous les prélèvements car les mesures d'humidité équivalente n'ont été faites systématiquement qu'à partir du 3 septembre.

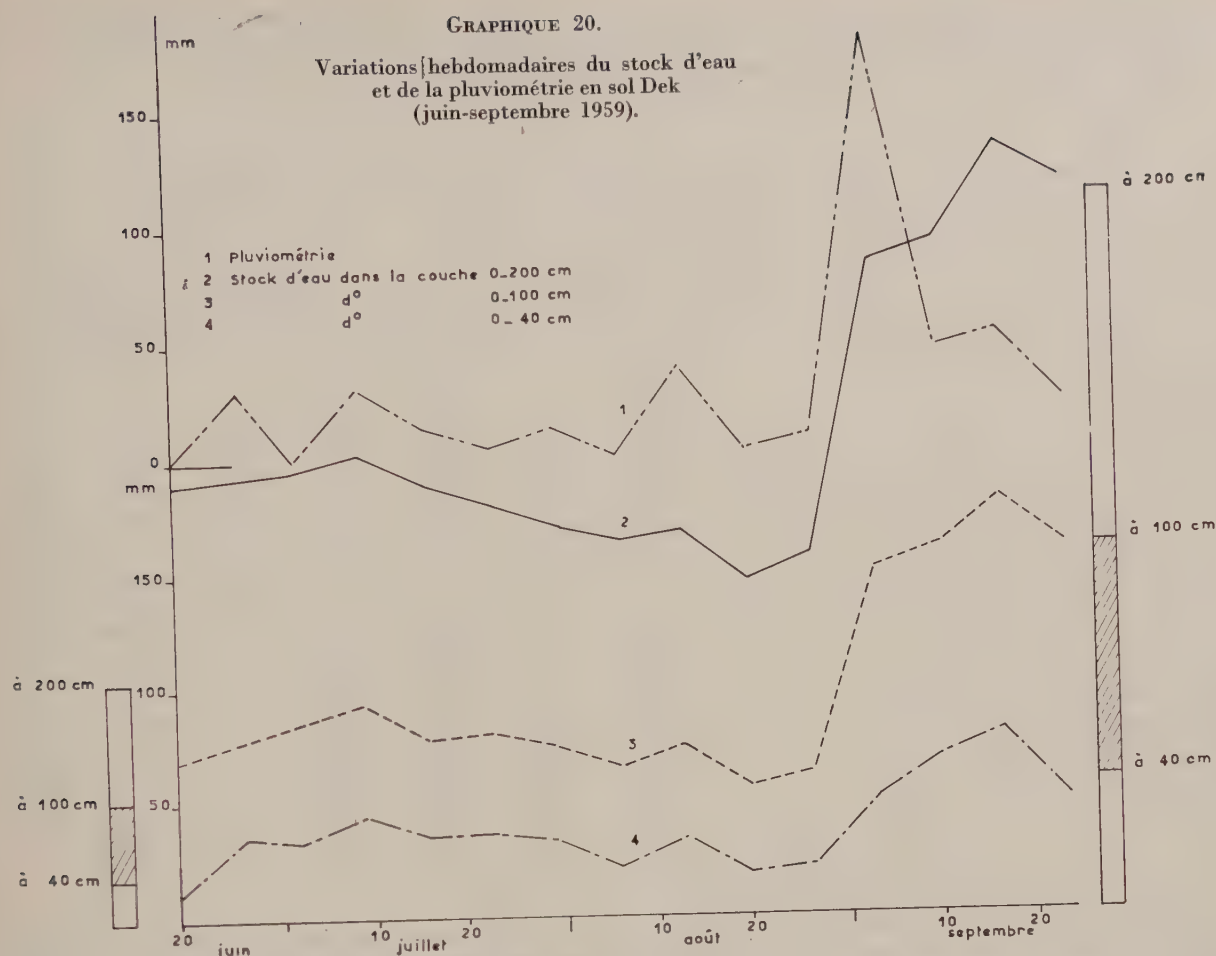
Les graphiques 19 et 20 représentent les variations hebdomadaires de la pluviométrie et du stock d'eau dans les couches 0-40, 0-100 et 0-200 cm.

Les variations du stock d'eau de la couche 0-2 m, jointes à la connaissance de la pluviométrie, nous ont permis de suivre les variations de l'évapotranspiration au cours du temps. En bonne logique, il eût été préférable de connaître le stock d'eau jusqu'à 4 m de profondeur puisque, ainsi qu'on a pu l'estimer plus haut, c'est à ce niveau qu'on trouvait en fin de saison sèche une humidité égale à la capacité de rétention. Les estimations de l'évapotranspiration seront donc faites par défaut mais l'erreur ne doit pas être considérable, car, au-dessous de



GRAPHIQUE 20.

Variations hebdomadaires du stock d'eau  
et de la pluviométrie en sol Dek  
(juin-septembre 1959).



2 m. les variations du déficit sont faibles par rapport à celles des couches superficielles ; on peut l'estimer au maximum à 50 mm.

Il existe d'ailleurs, ainsi que nous le verrons un excellent recouplement avec les valeurs de l'évapotranspiration calculées d'après la formule de TURC [7]. Ce calcul se fait sur les seules données météorologiques, d'après la formule :

$$E = \frac{P + a}{\sqrt{1 + \left(\frac{P + a}{l}\right)^2}} \text{ pour le sol nu}$$

$$E = \frac{P + a + V}{\sqrt{1 + \left(\frac{P + a}{l} + \frac{V}{2l}\right)^2}} \text{ pour le sol cultivé}$$

où : P représente la pluviométrie,

a la hauteur d'eau qui peut être évaporée à partir des seules réserves du sol,

l une fonction de la température et de la radiation globale,

V un facteur dépendant de la végétation.

L'intervalle choisi pour les calculs est la décade. Connaissant le déficit initial du sol et la pluviométrie, la formule de TURC permet donc d'estimer outre l'évapotranspiration, le drainage et le déficit final.

Les valeurs calculées par cette méthode ont été confrontées pendant sept années successives aux mesures de drainage effectuées en cases lysimétriques [6]. La correspondance entre les résultats s'est avérée très bonne.

Il nous a paru intéressant de mettre également en comparaison, pour l'année 1959-1960, les chiffres fournis par nos relevés de profils hydriques et les valeurs calculées d'après TURC. Ces valeurs ont été rassemblées dans le tableau 24 pour la période qui nous intéresse (1<sup>er</sup> juin 1959 - 1<sup>er</sup> juin 1960).

TABLEAU 24

COMPARAISON DES VALEURS CALCULÉES ET MESURÉES : DRAINAGE. DÉFICIT. ÉVAPOTRANSPIRATION

| Mois et décades    | Valeurs calculées<br>et mesurées |         | Drainage calculé mm |         | Déficits (mm) |         |          |          | Evapotranspiration (mm) |  |  |
|--------------------|----------------------------------|---------|---------------------|---------|---------------|---------|----------|----------|-------------------------|--|--|
|                    | Sol Dior                         | Sol Dek | Sol Dior            |         | Sol Dek       |         | Calculée | Mesurée  |                         |  |  |
|                    |                                  |         | Calculés            | Mesurés | Calculés      | Mesurés |          | Sol Dior | Sol Dek                 |  |  |
| Mai 1959.....      |                                  |         | 105                 | 105     | 121           | 121     | 3        | 2        | --                      |  |  |
| Juin.....          |                                  |         | 102                 | 107     | 118           | 118     | 30       | 39       | 36                      |  |  |
| Juillet 1.....     |                                  |         | 119                 | 110     | 135           | 111     | 45       | 29       | 21                      |  |  |
| — 2.....           |                                  |         | 134                 | 102     | 150           | 127     | 37       | 16       | 40                      |  |  |
| — 3.....           |                                  |         | 143                 | 103     | 159           | 143     | 25       | 18       | 30                      |  |  |
| Août 1.....        |                                  |         | 135                 | 110     | 151           | 147     | 30       | 44       | 42                      |  |  |
| — 2.....           |                                  |         | 151                 | 120     | 167           | 167     | 26       | 20       | 30                      |  |  |
| — 3.....           |                                  |         | 11                  | 3       | 27            | 32      | 40       | 18       | 42                      |  |  |
| Septembre 1.....   | 6                                | 0       | 0                   | 4       | 10            | 31      | 48       | 85       | 56                      |  |  |
| — 2.....           | 5                                | 0       | 0                   | 4       | 5             | 5       | 48       | 50       | 18                      |  |  |
| — 3.....           |                                  |         | 25                  | 20      | 30            | 43      | 47       | 51       | 79                      |  |  |
| Octobre 1.....     |                                  |         | 69                  | 50      | 74            | 70      | 44       | 17       | 24                      |  |  |
| — 2.....           |                                  |         | 108                 | 60      | 113           | 100     | 39       | 44       | 35                      |  |  |
| — 3.....           |                                  |         | 145                 | 81      | 150           | 120     | 37       | 19       | 18                      |  |  |
| Novembre.....      |                                  |         | 148                 | 111     | 153           | 145     | 3        | 27       | 27                      |  |  |
| Décembre 1959..... |                                  |         | 151                 | 125     | 156           | 148     | 3        | 11       | 3                       |  |  |
| Janvier 1960.....  |                                  |         | 154                 | 130     | 159           | 160     | 3        | 7        | 17                      |  |  |
| Février.....       |                                  |         | 157                 | 130     | 162           | 180     | 3        | 1        | 15                      |  |  |
| Mars.....          |                                  |         | 160                 | 131     | 165           | 183     | 3        | 2        | 2                       |  |  |
| Avril.....         |                                  |         | 163                 | 132     | 168           | 189     | 3        | 0        | 7                       |  |  |
| Mai.....           |                                  |         | 166                 | 128     | 171           | 198     | 3        | 0        | 8                       |  |  |

Le profil initial a été relevé le 7 avril 1959 ; le stock d'eau représente à ce moment 75 mm en sol Dior et 155 mm en sol Dek. Ces chiffres n'ont vraisemblablement pas subi beaucoup de changement jusqu'au 19 juin, date choisie pour le début de nos observations. La première pluie est tombée le 5 juin, mais elle fut de 6 mm seulement.

Il faut attendre ensuite le 20 juin pour avoir une pluie de 20 mm. Le deuxième profil fut relevé le 26 juin, et, à partir de cette date, il y eut un relevé hebdomadaire jusqu'à la fin des pluies, le 24 septembre. Pour les périodes sans pluies l'évapotranspiration est donnée par la formule :

$$E = S_1 - S_2$$

$S_2$  représentant le stock d'eau à la fin de l'intervalle considéré,

$S_1$  le stock d'eau au début de cette période.

Quand il a plu entre deux relevés, la valeur de E devient :

$$E = P + S_1 - S_2$$

où P représente la pluviométrie dans l'intervalle considéré.

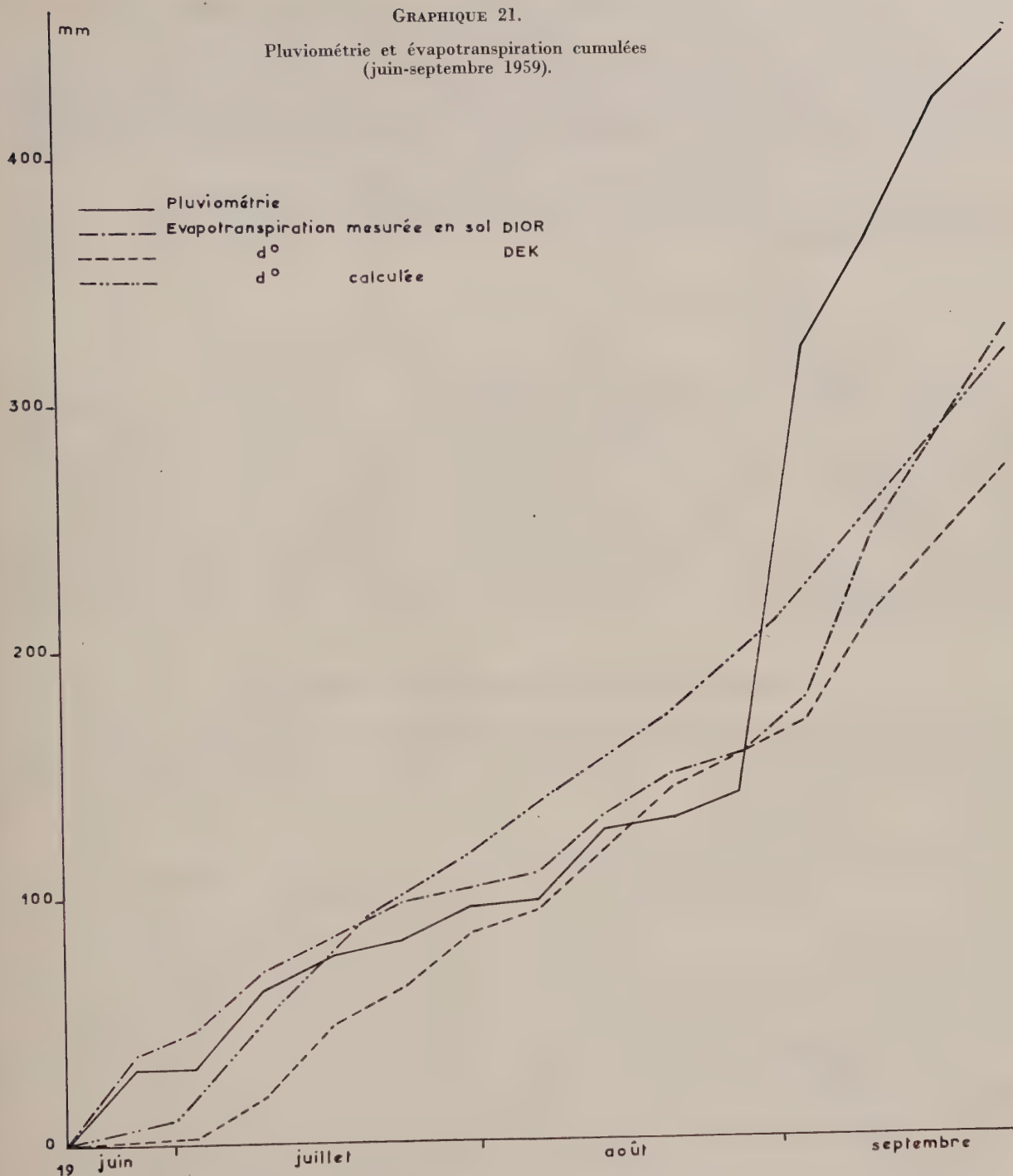
On peut suivre sur le graphique 21 les variations comparées pendant la période des pluies (1<sup>er</sup> juin-24 septembre) : de l'évapotranspiration mesurée en sol Dior et en sol Dek, de l'évapotranspiration calculée par la formule de TURC et de la pluviométrie. Toutes ces valeurs ont été cumulées à partir du 19 juin.

Plusieurs constatations peuvent être faites, à la lecture de ce graphique.

Cette période peut se diviser en deux intervalles : le premier va du 1<sup>er</sup> juin au 27 août : il est caractérisé par une pluviométrie très faible (120 mm en soixante-neuf jours). Le second débute le 28 août avec les premières grandes pluies et dure jusqu'au 24 septembre, date de la fin des pluies.

Pendant la première période, l'évapotranspiration débute plus rapidement en sol Dior qu'en sol Dek, mais les deux courbes se rapprochent bientôt et encadrent étroitement la courbe de pluviométrie cumulée.

GRAPHIQUE 21.

Pluviométrie et évapotranspiration cumulées  
(juin-septembre 1959).

Au 27 août elles se trouvent confondues ; la valeur moyenne journalière de l'évapotranspiration pendant cette période de soixante-neuf jours est donc identique pour les deux sols à savoir : 1,8 mm par jour, valeur très peu supérieure à la moyenne journalière de la pluviométrie.

La courbe des valeurs calculées de l'évapotranspiration se situe nettement au-dessus des deux courbes de valeurs mesurées à partir de la deuxième décade de juillet. Le calcul se faisant à partir des seules données climatologiques, avec éventuellement l'adjonction d'un facteur spécial pour la végétation, ne tient pas compte de

l'influence du sol. La valeur moyenne de  $E$  ainsi calculée est de 2,7 mm jour soit sensiblement plus que les valeurs mesurées.

A partir du 27 août, la pluviométrie augmente brusquement ; l'évapotranspiration subit la même augmentation mais avec un certain retard, puisque le changement de pente dans les deux courbes ne s'observe qu'à partir du 3 septembre, et dans une moindre mesure. On observe également un net décalage entre la courbe du Dior et celle du Dek. Pour ce dernier la moyenne journalière de l'évapotranspiration observée entre le 3 et le 24 septembre est de 4,9 mm, alors que pour le Dior elle atteindrait 7,1 mm.

Quant à la courbe des valeurs calculées, le changement de pente est beaucoup moins net ; la moyenne journalière est de 4,5 mm. A la date du 24 septembre les valeurs de l'évapotranspiration, cumulées à partir du 19 juin sont les suivantes :

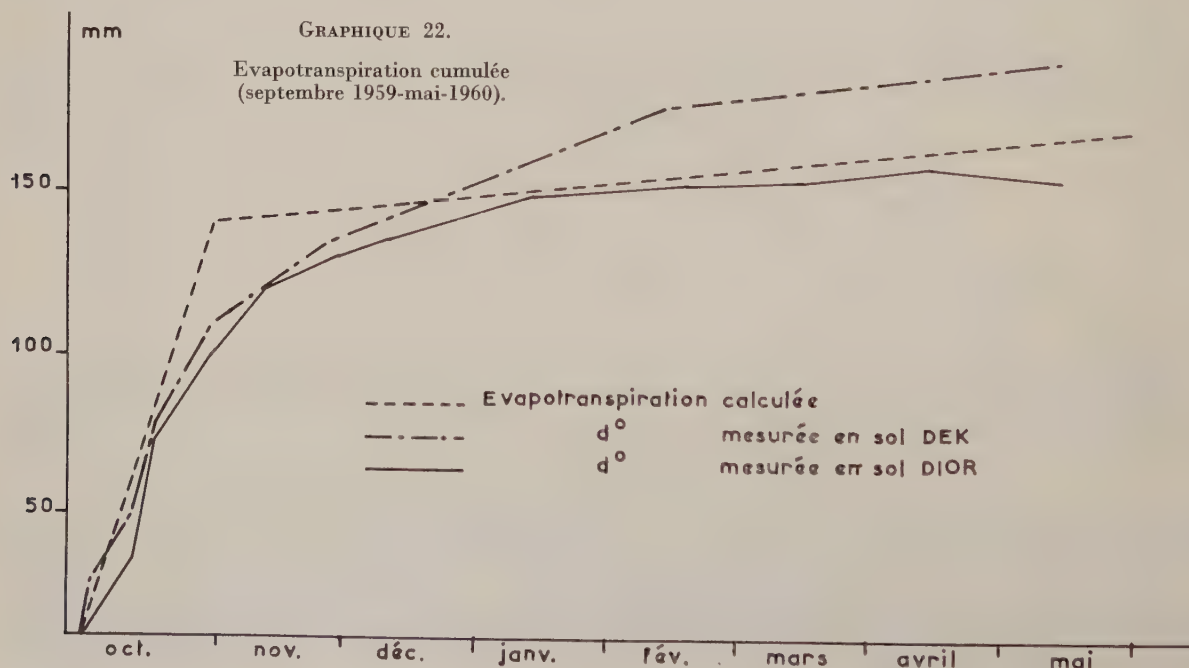
|     |                         |          |
|-----|-------------------------|----------|
| E T | en sol Dior (mesurée) : | 328 mm   |
| E T | en sol Dek (mesurée) :  | 272 mm   |
| E T | calculée                | : 319 mm |

Les chiffres expérimentaux encadrent donc la valeur calculée.

Pendant l'intervalle considéré les moyennes journalières de l'E T mesurée en sol Dek et de l'E T calculée sont très voisines (4,9 et 4,5 mm) ; la moyenne du sol Dior est au contraire nettement plus élevée (7,1 mm). Or les mesures de pF ont montré que pendant cette période du 3 au 24 septembre, le sol Dior était susceptible de drainer, contrairement au Dek qui n'avait pas encore atteint sa capacité de rétention. Les valeurs trouvées pour l'évapotranspiration représenteraient donc en réalité la somme : évapotranspiration + drainage. La difficulté est de définir la part qui revient à chacun. Si nous supposons que l'évapotranspiration en sol Dior continue à être identique à celle du sol Dek, le chiffre trouvé pour le drainage est alors de 36 mm. Calculée par la méthode de TURC cette valeur varie de 6 à 12 mm, suivant la valeur adoptée pour le coefficient  $V$  ; enfin les mesures en cases lysimétriques s'étagent entre 0 et 41 mm pour le sol Dior, suivant l'activité de la végétation. Cette hypothèse est donc vraisemblable.

### c) Evapotranspiration au cours de la saison sèche

A partir du 24 septembre les pluies s'arrêtent et le drainage cesse très rapidement pour le sol Dior. Désormais l'évapotranspiration se fera exclusivement aux dépens des réserves du sol :  $E = S_1 - S_2$  (où  $E = \Delta 2 - \Delta 1$ , puis que  $\Delta = C.R.S$ ).

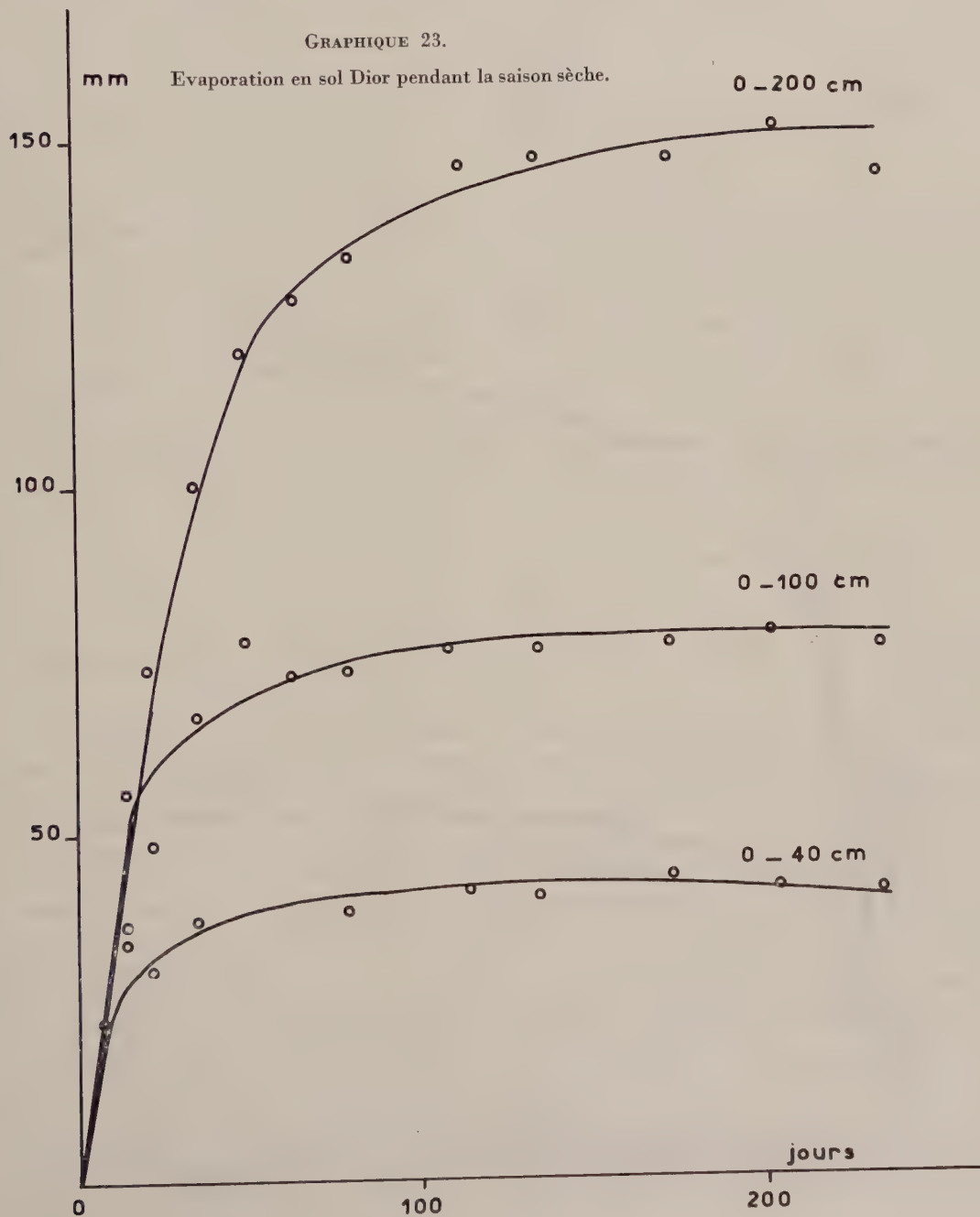


Le graphique 22 donne les courbes des évapotranspirations mesurées en sol Dior et en sol Dek, ainsi que de l'évapotranspiration calculée. Cette dernière se réduit pratiquement à deux droites, le changement de pente se produisant brutalement fin octobre avec l'arrêt de la végétation. Du 24 septembre au 31 octobre, la moyenne journalière calculée est de 3,9 mm ; début novembre la végétation ne jouant pratiquement plus aucun rôle, l'évapotranspiration est réduite à 3 mm par mois. Les valeurs mesurées suivent à peu près ces variations mais les courbes ont l'allure de fonctions logarithmiques. Ces courbes expérimentales ont pu être ajustées à des courbes d'équation :

pour le sol Dek :  $y = 78,9 \log x - 6,6$  avec  $r = 0,97$  (T.H.S.)

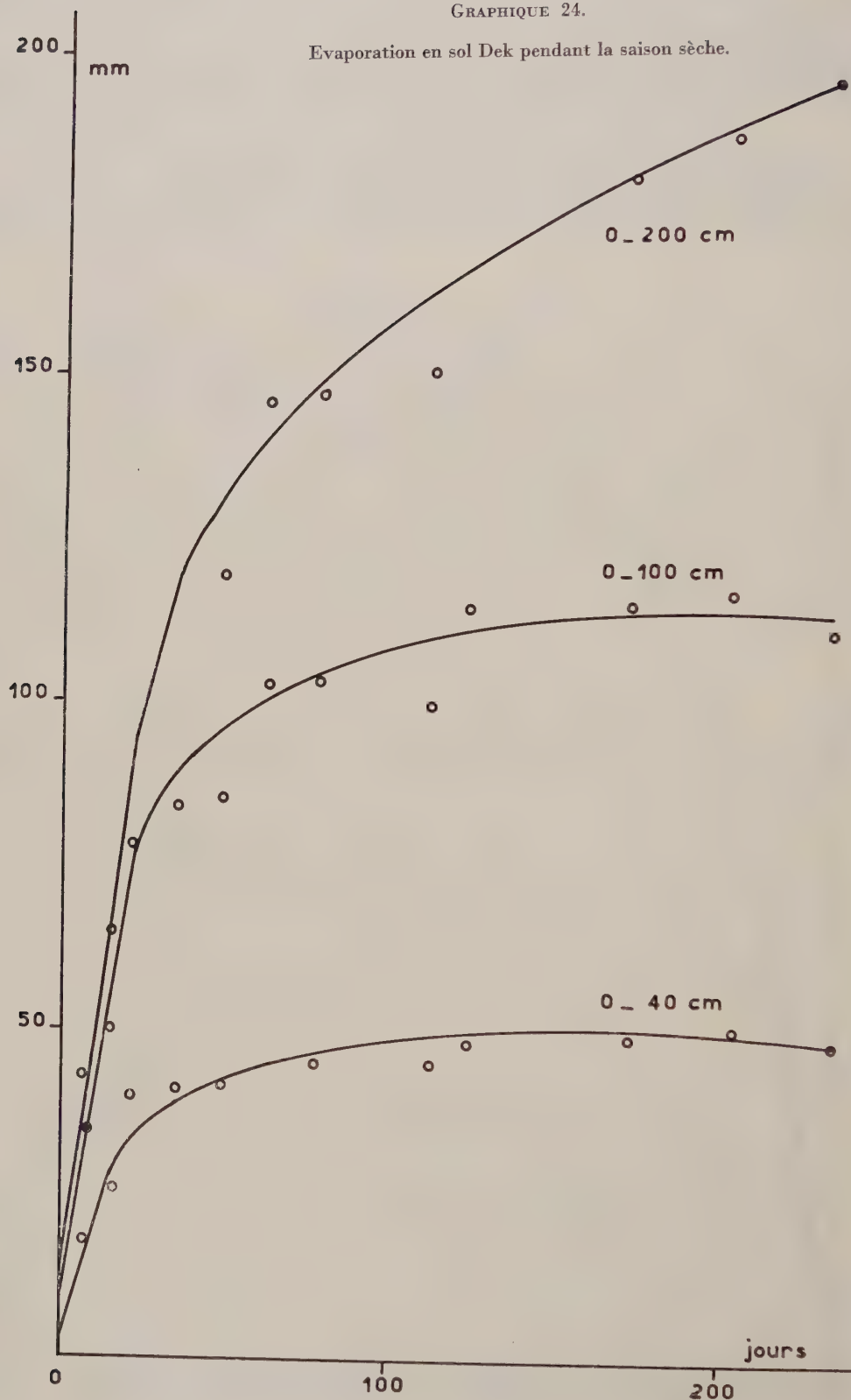
pour le sol Dior :  $y = 71,3 \log x - 15,7$  avec  $r = 0,94$  (T.H.S.)

où  $y$  représente l'évapotranspiration cumulée et  $x$  le temps, en jours, à partir de la fin des pluies (24 septembre) (graphiques 23 et 24).



GRAPHIQUE 24.

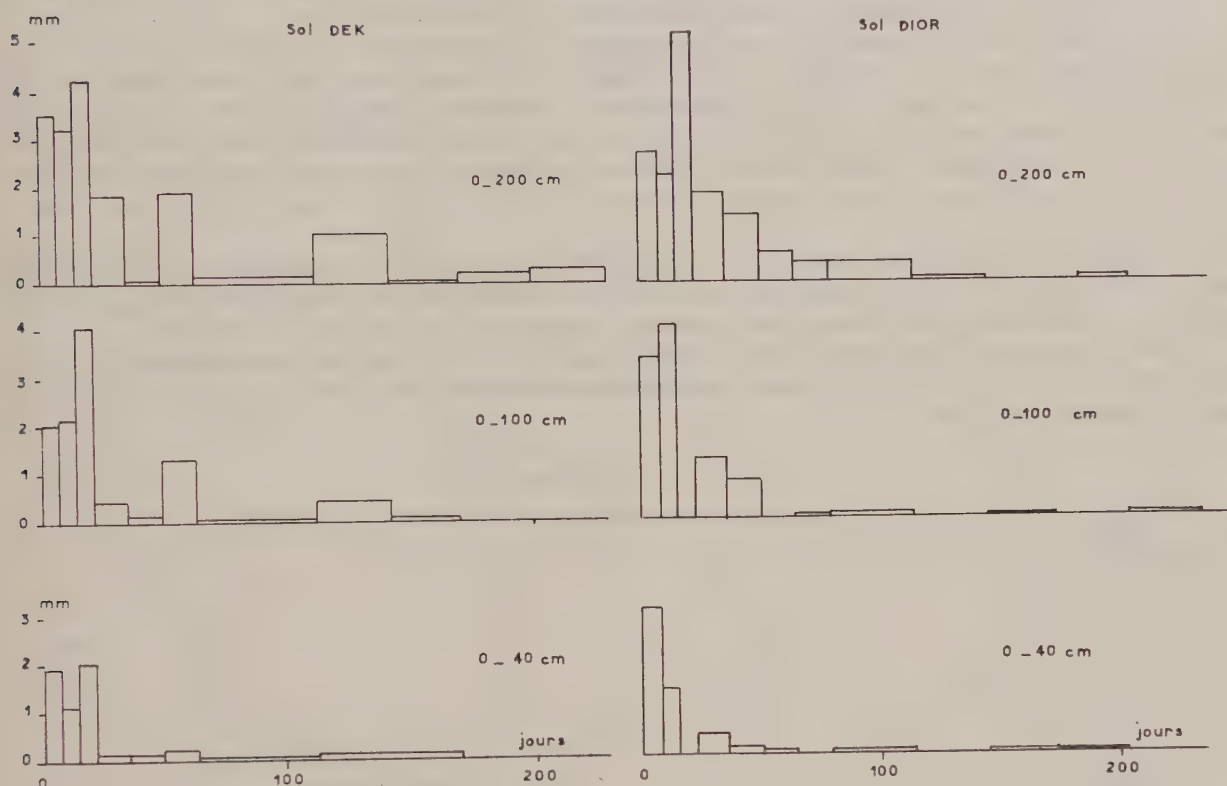
Evaporation en sol Dek pendant la saison sèche.



La diminution de l'évaporation est donc plus progressive que ne le laissait prévoir le calcul théorique. Le graphique 25 donne les valeurs de l'évaporation journalière ; le maximum est atteint dans la deuxième semaine d'octobre, soit trois semaines après la fin des pluies : 5,2 mm pour le sol Dior et 4,2 mm pour le sol Dek. Les réserves de la couche 0-40 s'épuisent en trois semaines ; ce sont ensuite les couches de plus en plus profondes qui alimentent le courant liquide ascensionnel. A partir du 1<sup>er</sup> janvier, seules les couches situées en dessous de 1 m fournissent encore une quantité d'eau appréciable.

GRAPHIQUE 25.

Evaporation journalière pendant la saison sèche.



A compter de cette date le sol Dior n'évapore d'ailleurs plus que très faiblement ou même pas du tout ; il n'en est pas de même pour le sol Dek dont l'évaporation continue à être appréciable jusqu'en mai.

C'est pendant la saison sèche, et plus particulièrement de novembre à mai que les deux sols se différencient nettement l'un de l'autre. Jusqu'à la fin octobre, c'est-à-dire jusqu'à la fin de l'activité de la végétation, on peut considérer que, pour les deux sols, l'évapotranspiration a été à peu près identique et conforme à ce que le calcul laissait prévoir. L'évapotranspiration a sans doute été un peu plus active en sol Dior qui paraît céder plus facilement son eau que le Dek, mais la différence n'est pas considérable.

A partir de novembre, au contraire, la courbe d'évapotranspiration du sol Dek passe nettement au-dessus de celle du sol Dior (graphique 22).

Dès le mois de janvier l'évaporation en sol Dior tombe à des valeurs faibles ou nulles (0 à 2 mm par mois) et demeure conforme en cela au calcul théorique (3 mm par mois). En sol Dek au contraire, la valeur moyenne mensuelle de l'évaporation, de janvier à mai se situe aux alentours de 7 mm.

Comment peut s'expliquer cette différence de comportement ? Nous pensons que la cause doit en être cherchée dans l'inégalité de l'assèchement dans les deux sols.

Le relevé du 12 novembre nous montre que les déficits de rétention des deux sols ne sont pas très éloignés l'un de l'autre : 119 mm pour le Dek et 93 mm pour le Dior ; à ce moment il reste encore dans le Dek 195 mm d'eau (dont 97 disponibles pour la végétation) contre 74 mm seulement dans le Dior (dont 34 disponibles pour

les plantes). Ceci correspond en sol Dek à une humidité moyenne, dans la couche 0-200, de 6,1 %, soit un pF moyen de 3,3 et en sol Dior d'une humidité moyenne 2,4 %, soit un pF moyen de 3,5. Le 15 janvier les humidités moyennes sont respectivement de 4,4 et 1,6 %, les pF de 3,8 et 4,2.

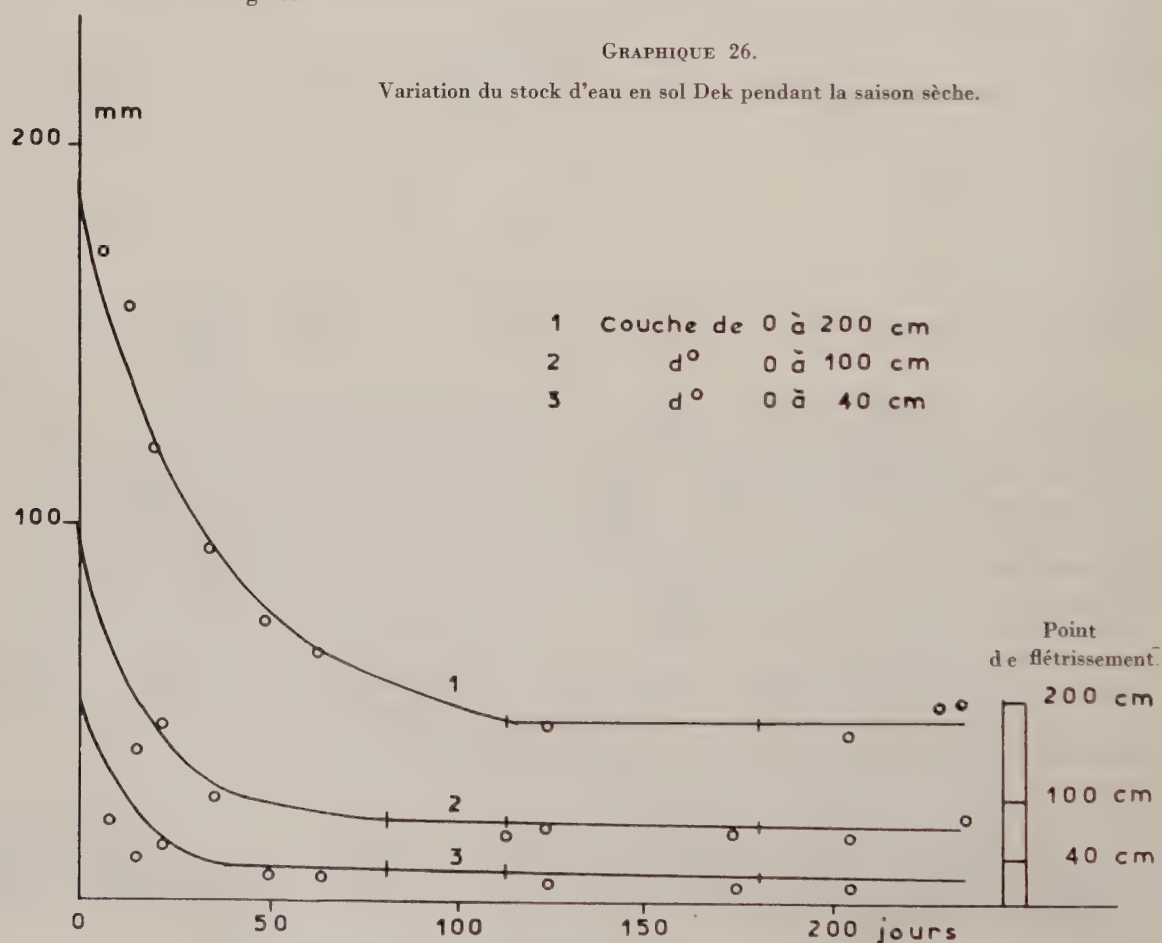
Par ailleurs la profondeur de la couche asséchée est nettement plus grande en sol Dior. Si l'on se reporte aux graphiques 17 et 18 on peut constater qu'au 12 novembre, cinquante jours après la fin des pluies, 40 cm de sol ont un pF  $\geq 4,2$  en sol Dior, 35 cm en sol Dek. Le 15 janvier l'épaisseur de la couche devient : 1,20 m en sol Dior, 1,00 en sol Dek. A la même date une couche de 7 à 8 cm en sol Dior a atteint ou dépassé le pF 6,0 tandis qu'en sol Dek ce pF n'intéresse qu'une pellicule de quelques mm.

Malgré son épaisseur, la croûte superficielle asséchée ne suffit pas ici à stopper l'évaporation, ou tout au moins à la réduire à une valeur très faible. Celle-ci semble ne s'arrêter que lorsque les réserves hydriques du sol dans la couche de 0 à 2 m ont atteint un niveau correspondant au point de flétrissement.

A l'appui de cette hypothèse, l'examen des graphiques 26 et 27 montre que la variation des réserves d'eau dans les différentes couches est très rapide jusqu'au moment, où le stock d'eau, dans la couche considérée est équivalent à la valeur moyenne du point de flétrissement. Ce changement brusque apparaît avec un décalage dans le temps pour les couches 0-40, 0-100, 0-200 d'un même sol. Pour une même couche, il se produit plus tardivement en sol Dek qu'en sol Dior. Les courbes traduisant les variations des réserves d'eau sont de la forme :  $y = K - \log x$  ( $x$  = temps en jours) puisque la somme : stock d'eau + déficit = capacité de rétention = constante.

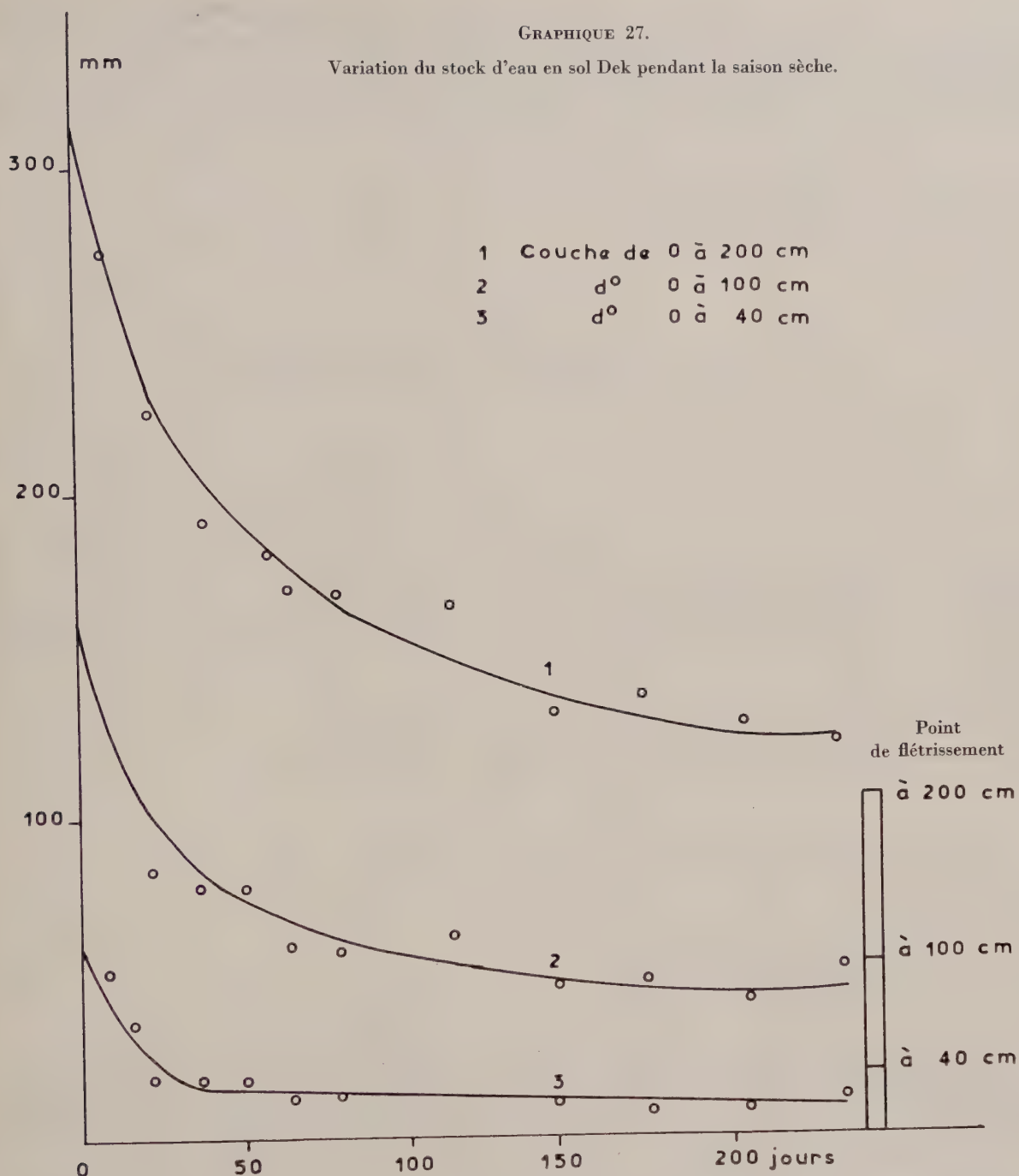
Le calcul théorique d'après TURC tablant sur une évaporation de 3 mm par mois paraît convenir pour le sol Dior ; il ne peut être accepté pour le Dek sans correction puisque pour la même période sans végétation l'évaporation varie entre 12 et 4 mm par mois (moyenne : 10 mm entre le 1<sup>er</sup> novembre et le 1<sup>er</sup> juin).

En ce qui concerne l'année 1959, le calcul convient pour le sol Dek en comptant une évaporation de 5 mm au lieu de 3 à partir de janvier, date à laquelle les évaporations mesurées et calculées, en sol Dek, exprimées en valeurs cumulées sont égales.



GRAPHIQUE 27.

Variation du stock d'eau en sol Dek pendant la saison sèche.



L'évapotranspiration totale de juin 1959 à juin 1960 a été pour le Dior de 499 mm, pour le Dek de 525 mm le chiffre calculé étant de 520 mm.

#### d) Evapotranspiration potentielle

Nous avons vu que l'évapotranspiration atteignait son maximum un peu après les premières grandes pluies, lorsque le sol était bien pourvu en eau. En 1959 la plus grande valeur journalière observée a été de 5 mm (deuxième semaine d'octobre). Mais la végétation avait été jusqu'à la fin du mois d'août très insuffisamment

approvisionnée en eau. On peut se demander la valeur qu'aurait atteinte l'évapotranspiration si la végétation avait été approvisionnée en eau à sa suffisance, ce qui est la définition même de l'évapotranspiration potentielle. De nombreuses formules ont été proposées par divers auteurs pour estimer cette grandeur en fonction des données climatologiques. Parmi celles-ci nous avons retenu la formule de BOUCHET [8] qui donne l'évapotranspiration potentielle en fonction de l'évaporation mesurée à l'évaporomètre PICHE :

$$E T P = \alpha E_a \lambda$$

où  $\alpha$  est un coefficient dépendant de l'évaporomètre et de l'abri,

$E_a$  est l'évaporation du PICHE,

$\lambda$  une fonction de la température moyenne et de la température moyenne du point de rosée.

TABLEAU 25

VALEURS MENSUELLES DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (FORMULES DE BOUCHET ET DE TURC), DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION RÉELLE EN SOL NU ET EN SOL COUVERT

| Mois             | Formule de BOUCHET |                  |            |      |       |     | Formule de TURC |          | Evapotr. calculée |           | Evapotr. mesurée |         |
|------------------|--------------------|------------------|------------|------|-------|-----|-----------------|----------|-------------------|-----------|------------------|---------|
|                  | $\bar{\theta}_1$   | $\bar{\theta}_r$ | $\theta_2$ |      | $E_p$ | ETP | 1               | ETP 1,51 | Sol nu            | Sol couv. | Sol Dior         | Sol Dek |
| Juin 1959 .....  | 29,2               | 19,0             | 24,1       | 4,16 | 123   | 189 | 150             | 225      | 30                | 30        | 39               | 36      |
| Juillet .....    | 28,3               | 19,2             | 23,7       | 4,09 | 86    | 130 | 138             | 207      | 61                | 106       | 63               | 91      |
| Août .....       | 27,5               | 23,9             | 25,7       | 4,44 | 73    | 120 | 123             | 185      | 79                | 94        | 82               | 114     |
| Septembre .....  | 27,2               | 24,0             | 25,6       | 4,42 | 50    | 82  | 135             | 202      | 102               | 134       | 186              | 153     |
| Octobre .....    | 28,8               | 23,4             | 26,1       | 4,52 | 98    | 164 | 141             | 212      | 14                | 105       | 80               | 77      |
| Novembre .....   | 26,2               | 16,7             | 21,4       | 3,70 | 138   | 189 | 117             | 175      | 3                 | 3         | 27               | 27      |
| Décembre 1959 .. | 22,8               | 9,2              | 16,0       | 2,96 | 191   | 209 | 96              | 144      | 3                 | 3         | 11               | 3       |
| Janvier 1960 ..  | 23,0               | 8,0              | 15,5       | 2,90 | 200   | 215 | 99              | 149      | 3                 | 3         | 7                | 17      |
| Février .....    | 26,5               | 13,0             | 19,7       | 3,45 | 181   | 231 | 120             | 180      | 3                 | 3         | 1                | 15      |
| Mars .....       | 26,0               | 12,4             | 19,2       | 3,37 | 219   | 273 | 135             | 202      | 3                 | 3         | 2                | 2       |
| Avril .....      | 27,8               | 16,2             | 22,0       | 3,82 | 200   | 258 | 134             | 201      | 3                 | 3         | 0                | 7       |
| Mai .....        | 29,3               | 18,5             | 23,9       | 4,13 | 208   | 318 | 150             | 225      | 3                 | 3         | 0                | 8       |

$\bar{\theta}_1$  = Température moyenne mensuelle en degrés Celsius.

$\bar{\theta}_r$  = Température moyenne mensuelle du point de rosée en degrés Celsius.

$$\theta_2 = \frac{\bar{\theta}_1 + \bar{\theta}_r}{2}$$

= Paramètre fonction de  $\theta_2$ .

$E_p$  = Pouvoir évaporant de l'air, en mm (PICHE).

ETP = Evapotranspiration potentielle, en mm.

ET = Evapotranspiration, en mm.

Le tableau 25 donne les résultats de l'évapotranspiration calculée par cette méthode pour l'année 1959. On constate que les valeurs trouvées en septembre et octobre sont inférieures aux valeurs trouvées pour l'évapotranspiration réelle. Cette formule ne peut donc convenir pour caractériser l'évapotranspiration potentielle sous ce climat.

L'auteur souligne d'ailleurs la limite de cette formule et fait toute réserve quant à son utilisation dans les zones arides.

La formule de TURC permet l'évaluation de l'évaporation potentielle d'un sol nu. Celle-ci est donnée par la valeur du paramètre 1 (valeur décadaire),

$$1 = \frac{(t + 2) \sqrt{I}}{15}$$

où  $t$  : température moyenne de l'air sous abri en degrés centigrades,

$I$  : radiation globale en calories ( $\text{cm}^2/\text{jour}$ ).

Les variations de 1 rendent également bien compte de l'évaporation au cours du temps d'une surface d'eau

libre, à condition de lui affecter un coefficient variable de 1 à 2, suivant le lieu et l'époque. Il est possible également d'avoir une estimation de l'évapotranspiration potentielle à partir des valeurs de 1.

En prenant pour V, facteur de végétation, une valeur élevée de 80 correspondant à une récolte de 135 quintaux de matière sèche (maximum observé à Bambey au cours des six dernières années : 120 q), il est possible de comparer les valeurs trouvées par le calcul pour l'évapotranspiration en sol nu et en sol cultivé.

Le rapport entre les deux varie dans d'assez larges limites suivant la pluviométrie qu'on s'est fixée, de 1 (forte pluviométrie) à 5 (pluviométrie nulle). Il est donc difficile de se baser sur ces indications.

Si nous nous reportons aux observations faites en 1959, nous constatons que le rapport entre les deux grandeurs varie entre 1 et 2 pendant la période qui va du 27 août à la fin septembre où le sol est saturé en eau, la moyenne pour la période de végétation étant de 1,75.

D'autre part, en calculant, avec  $V = 80$ , les valeurs décadaires de l'évapotranspiration pour différentes pluviométries, on trouve que ces valeurs varient entre 1,1 et 1,3 l.

Faute de meilleure indication nous prendrons donc la valeur 1,5 l pour estimer l'évapotranspiration potentielle. Celle-ci sera prochainement définie expérimentalement.

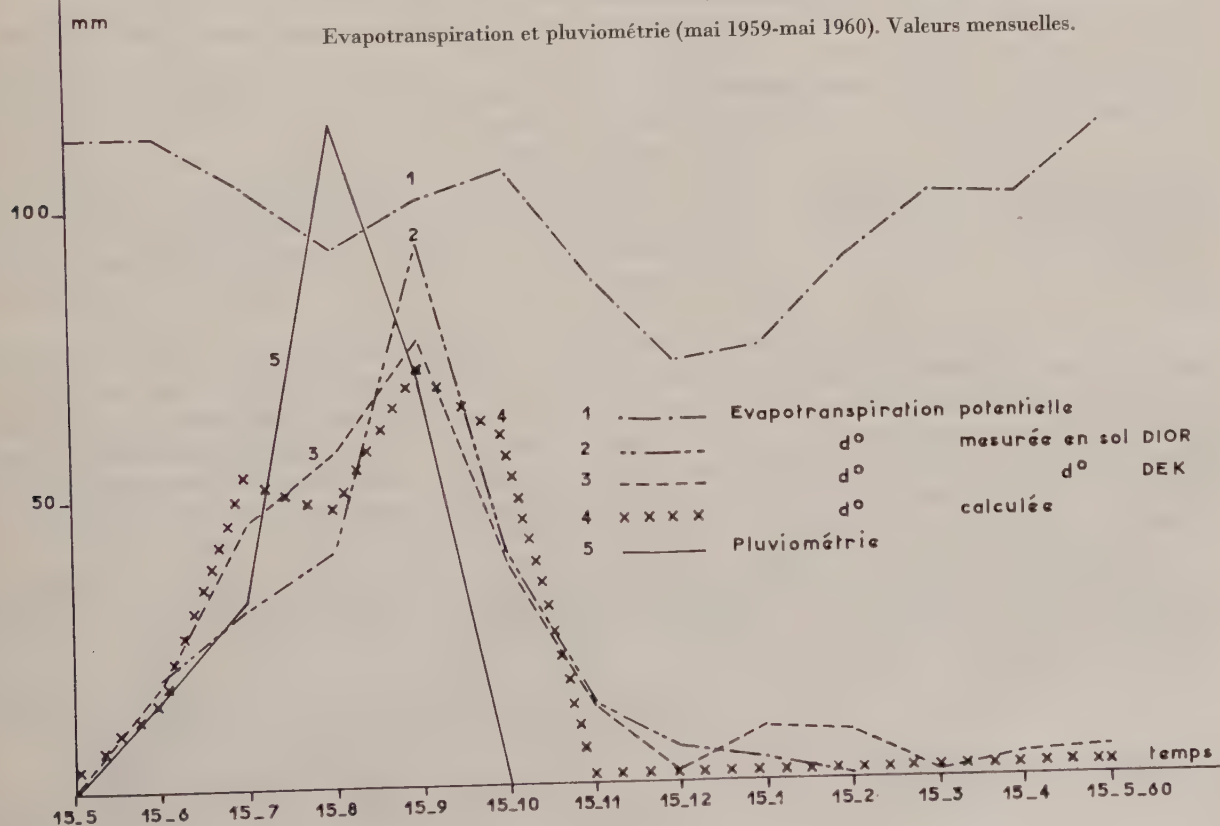
Les chiffres trouvés par cette méthode figurent dans le tableau 25. On constate que pendant la période sèche (décembre à mai) les chiffres sont inférieurs à ceux obtenus par la méthode de BOUCHET. Pendant l'hivernage, au contraire, ils sont notablement plus élevés.

L'évapotranspiration potentielle au cours de la saison humide serait donc de 6 à 7 mm par jour et atteindrait 7,5 mm en mai. Le minimum se situe en décembre avec 4,8 mm.

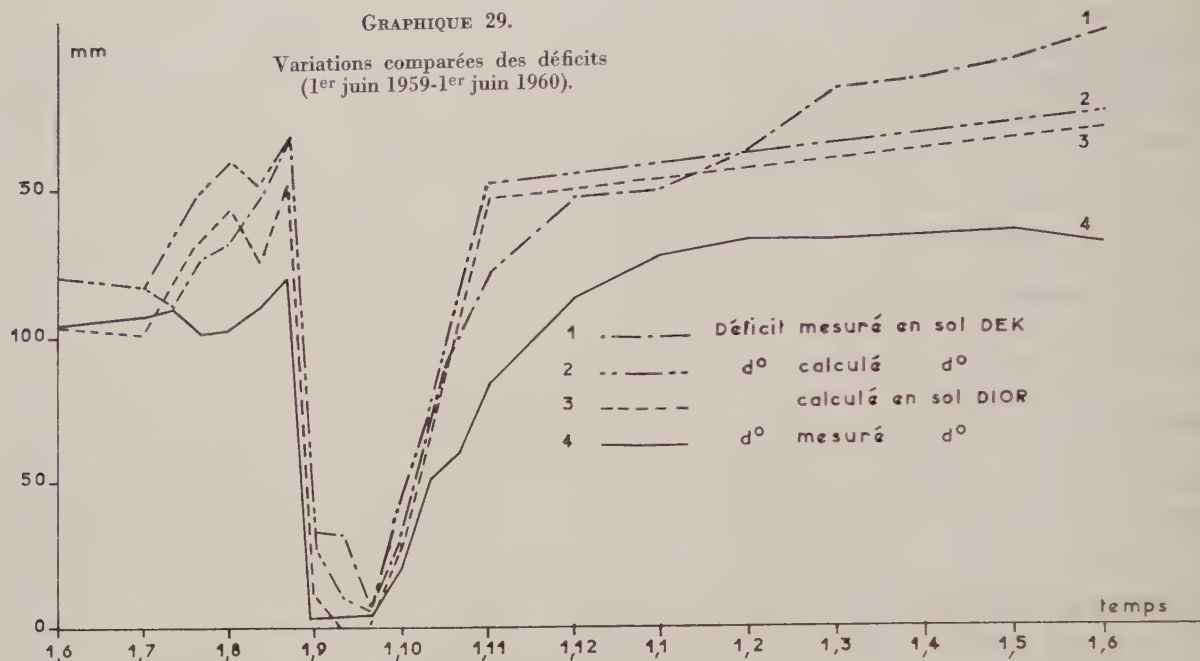
D'après les chiffres fournis par les études en cases lysimétriques, de 1954 à 1960, le maximum observé pour l'évapotranspiration a été de 5,5 mm au cours de l'hivernage.

Le graphique 28 montre les variations comparées au cours de l'année de la pluviométrie, de l'évapotranspiration potentielle, des évapotranspirations réelles, calculées et mesurées en sols Dior et Dek. Pour le sol Dior, le graphique présente pour le mois de septembre les valeurs ajoutées de l'évapotranspiration et du drainage, ce dernier ne pouvant, par notre méthode, être évalué avec certitude.

GRAPHIQUE 28.



GRAPHIQUE 29.

Variations comparées des déficits  
(1<sup>er</sup> juin 1959-1<sup>er</sup> juin 1960).

## e) Les déficits

Le déficit se définit comme la différence entre la capacité de rétention et l'humidité du sol. Les déficits ont été calculés horizon par horizon pour chaque profil hydrique.

Le graphique 29 montre les variations au cours de l'année, des déficits mesurés en sols Dior et Dek pour la couche 0-2 m et du déficit calculé par la méthode de TURC.

Les déficits initiaux sont de 121 mm pour le sol Dek, 105 mm pour le sol Dior. Jusqu'à la fin août, ils se maintiennent ou ont tendance à augmenter légèrement en sol Dior.

Après les grandes pluies le déficit calculé devient nul en sol Dior. A ce moment la mesure du déficit au champ est assez délicate. Le profil de 0 à 2 m ne se trouve à aucun moment idéalement placé à la capacité de rétention : certains horizons ont dépassé légèrement cette valeur, d'autres se trouvent légèrement en-dessous. Si l'on ne compte pas de valeurs négatives pour le déficit de certains horizons, il sera donc exceptionnel de trouver un déficit cumulé à 2 m égal à 0. A cela s'ajoute par ailleurs l'imprécision sur la mesure de la capacité de rétention.

Ceci explique que nous trouvons le 24 septembre pour le Dior un déficit de 16 mm, alors que le stock d'eau 194 mm est supérieur à la capacité de rétention (176 mm). Nous avons estimé que cet excès d'eau, à la fin des pluies, n'avait pas le temps d'être drainé et était repris directement par l'évapotranspiration, très intense à cette époque. C'est pourquoi nous avons préféré calculer l'évapotranspiration par la différence entre les stocks d'eau et non par celle des déficits. Les deux méthodes aboutissent exactement au même résultat quand les horizons du profil sont au-dessous de la capacité de rétention ; elles donnent des résultats un peu différents quand on se trouve au voisinage de la saturation.

Ceci explique également que les différences entre les déficits calculés et mesurés pour les deux sols soient plus importantes que les différences entre évapotranspirations cumulées, à la fin de la saison sèche.

A ce moment en effet les différentes valeurs sont les suivantes :

|                                  | Mesuré   |         | Calculé  |         |
|----------------------------------|----------|---------|----------|---------|
|                                  | Sol Dior | Sol Dek | Sol Dior | Sol Dek |
| Evapotranspiration cumulée ..... | 146      | 183     | 161      | 161     |
| Déficit.....                     | 128      | 198     | 166      | 171     |

En ce qui concerne le sol Dek la saturation n'a jamais été atteinte, ce qui se traduit par une valeur de déficit plus élevée que celle de l'évapotranspiration. Pour le Dior au contraire le phénomène est inverse puisque une partie de l'évapotranspiration s'est faite aux dépens de l'eau excédentaire du sol.

On voit que la différence entre les déficits (70 mm) est nettement plus forte que la différence entre les chiffres d'évapotranspiration cumulée (5 mm). Mais les valeurs calculées restent toujours comprises entre les valeurs mesurées.

Le déficit en fin de saison sèche est susceptible d'assez larges variations avec les années. Nous ne disposons malheureusement que d'une année de mesures. Mais nous pouvons avoir une idée de ces variations d'après les valeurs calculées par la méthode de TURC ; ces calculs se sont montrés concordés assez exactement avec les résultats du drainage en cases lysimétriques. Les chiffres extrêmes sont 105 et 160.

Des relevés hydriques effectués chaque année en début et en fin de saison des pluies permettront de préciser ces données.

## 6) ALIMENTATION EN EAU DE LA VÉGÉTATION

### a) Eau disponible pour les plantes

L'alimentation en eau d'une plante dépend non seulement des réserves en eau du sol disponibles pour la plante mais aussi de la mobilité de ces réserves ou de la facilité avec laquelle le sol les cède à la plante. Il est possible de schématiser cette question en distinguant deux niveaux dans les réserves du sol :

- a) Un niveau au-dessus duquel le facteur eau ne limite absolument pas la croissance de la plante, celle-ci n'étant pas affectée, jusqu'à ce niveau, par les variations de l'humidité (ou de la tension capillaire).
- b) Un niveau correspondant au point de flétrissement permanent, au-dessous duquel la plante ne peut s'alimenter en eau et meurt.

Entre ces deux niveaux les réserves en eau du sol deviennent de plus en plus difficilement accessibles à la plante, au fur et à mesure que le sol s'assèche ; la croissance de la plante est alors largement influencée par une augmentation de la tension capillaire.

Le niveau supérieur est encore très mal aisément défini. Il ne peut l'être qu'en fonction d'études physiologiques intéressantes telle ou telle plante. C'est ainsi que OCHS et WORMER (cités par P. BILLAZ) [9] travaillant sur des sols du Dahomey ont trouvé que pour l'arachide il se situait à pF 2,8.

Dans les meilleurs cas, en sol Dek, cela correspondrait, entre ce niveau et la capacité de rétention (pF 2,6) à 2,5 points d'humidité, soit un stock d'eau sur 1 m de sol de : 40 mm (graphique 4, courbe B 15). Ce stock n'est pas considérable et peut être épuisé par la plante en six à sept jours, si aucune pluie ne vient le renouveler.

Toutefois il faut tenir compte du fait qu'après une pluie ou un apport d'eau, le profil hydrique met plusieurs jours à se stabiliser à la capacité de rétention, ainsi que nous l'avons vu précédemment.

Avant que le drainage ne se produise au-dessous de la frange racinaire, la plante dispose de trois à quatre jours pour utiliser cette eau excédentaire. La réserve d'eau définie se trouve ainsi augmentée dans de notables proportions.

Il est tentant de faire un rapprochement entre ce niveau et l'humidité de rupture du lien capillaire définie par RODE [10]. Les données nous manquent actuellement pour confirmer l'identité des deux notions.

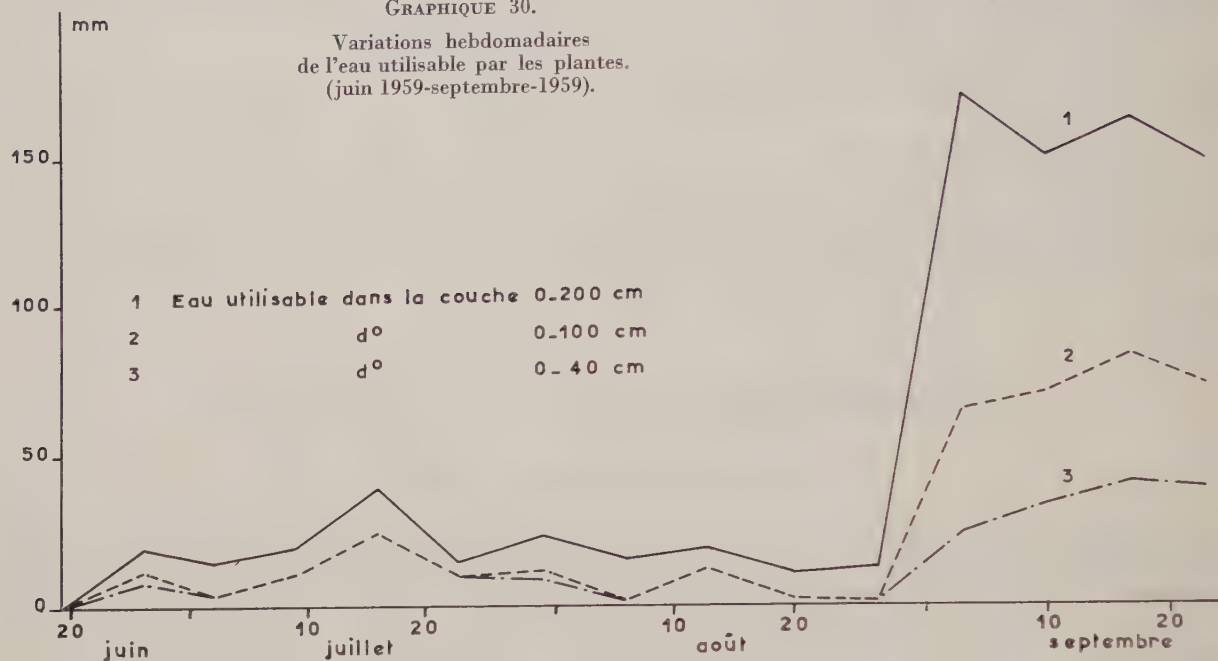
En ce qui concerne le point de flétrissement permanent il est classiquement admis que pour tous les sols et toutes les plantes il correspond au pF 4,2. Si cette loi se trouve vérifiée dans une large mesure pour les pays tempérés (au moins approximativement) il semble que, pour les pays tropicaux à saison sèche marquée, un certain nombre de plantes puissent utiliser les réserves d'eau du sol jusqu'à un pF plus élevé. Ceci a été montré en particulier par BILLAZ [9] pour l'arachide qui arrive à s'alimenter dans un sol Dior jusqu'à pF 5,5. Ceci est probablement le cas des mils, sorghos, doliques, niébé et des principales Graminées et Légumineuses constituant la friche naturelle après une période de culture dans notre région.

Cependant nous manquons de chiffres à ce sujet.

Si nous en possédons ils concernent généralement la plantule et non la plante adulte, ce qui peut être assez différent. Par ailleurs nos connaissances du développement racinaire de ces différentes plantes ne sont pas

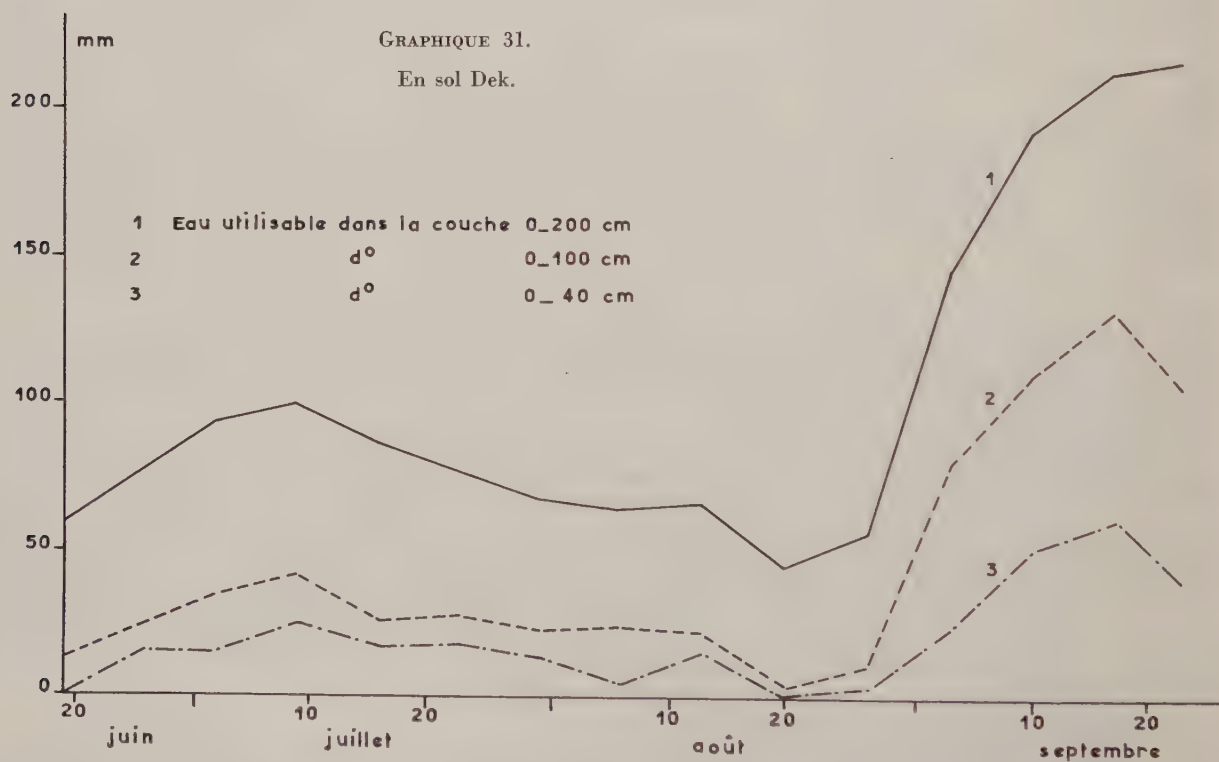
GRAPHIQUE 30.

Variations hebdomadaires  
de l'eau utilisable par les plantes.  
(juin 1959-septembre-1959).



GRAPHIQUE 31.

En sol Dek.



encore très fournies ; nous ne pouvons savoir avec certitude jusqu'à quelle profondeur peuvent descendre les racines en période sèche et quels sont les horizons du sol qui sont exploités par la plante.

Il faut noter d'ailleurs que l'augmentation du stock d'eau disponible pour les plantes due à un abaissement du point de flétrissement ne saurait être considérable dans les sols étudiés.

D'après l'allure des courbes humidité pF (graphiques 2 et 3) les gains d'humidité sont d'autant plus faibles que les pF augmentent.

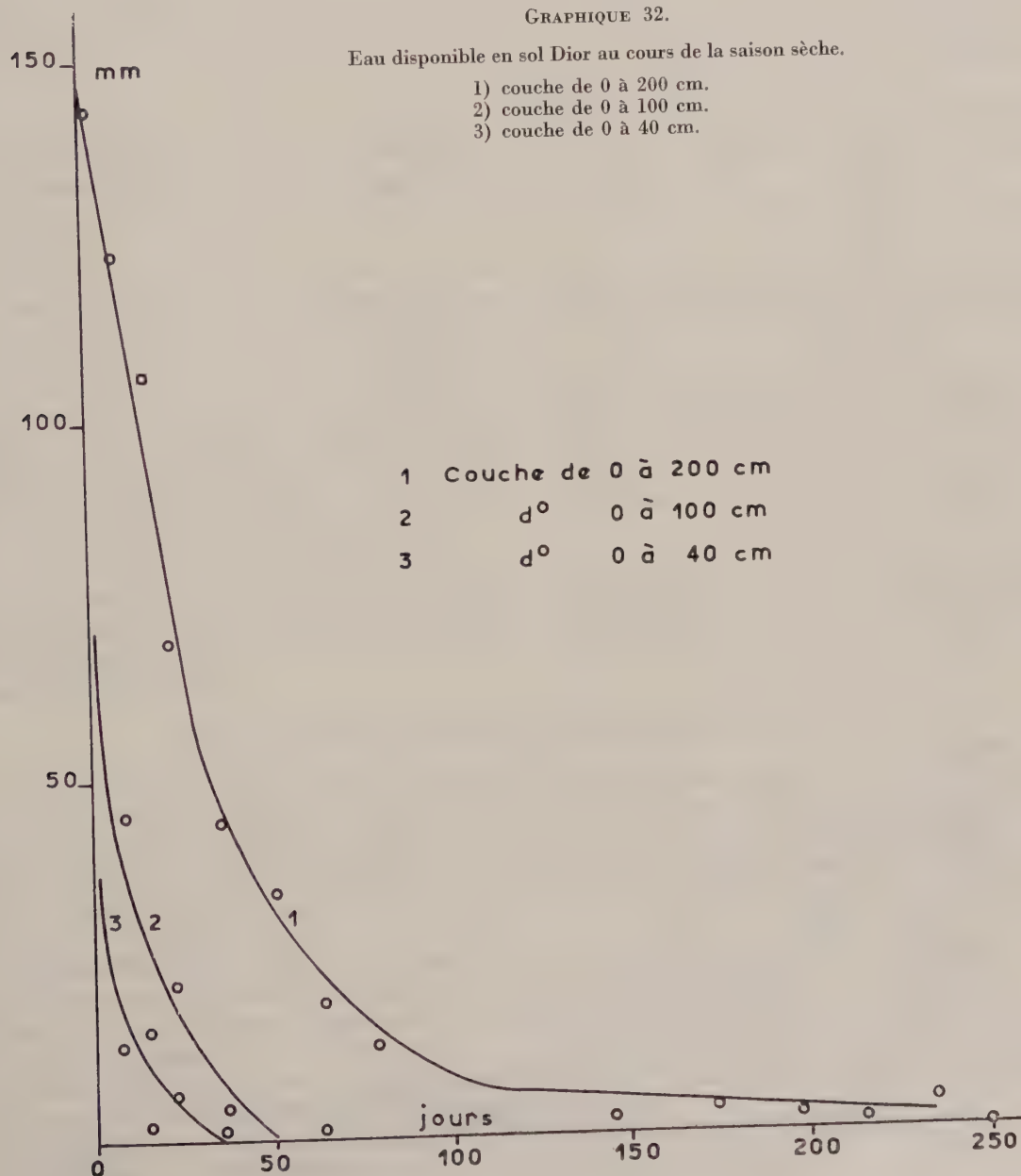
En outre l'incurvation des courbes étant de plus en plus marquée quand la capacité de rétention diminue, les gains seront très médiocres pour les sols à faible capacité de rétention.

Si l'on retient le pF 5,5 par exemple à la place du pF 4,2 comme point de flétrissement permanent, le supplément d'eau pour un sol Dek moyen sur une hauteur de 1 m serait de 28 mm ; pour le sol Dior il ne serait plus que de 15 mm. Encore le pF choisi semble-t-il représenter une limite extrême.

GRAPHIQUE 32.

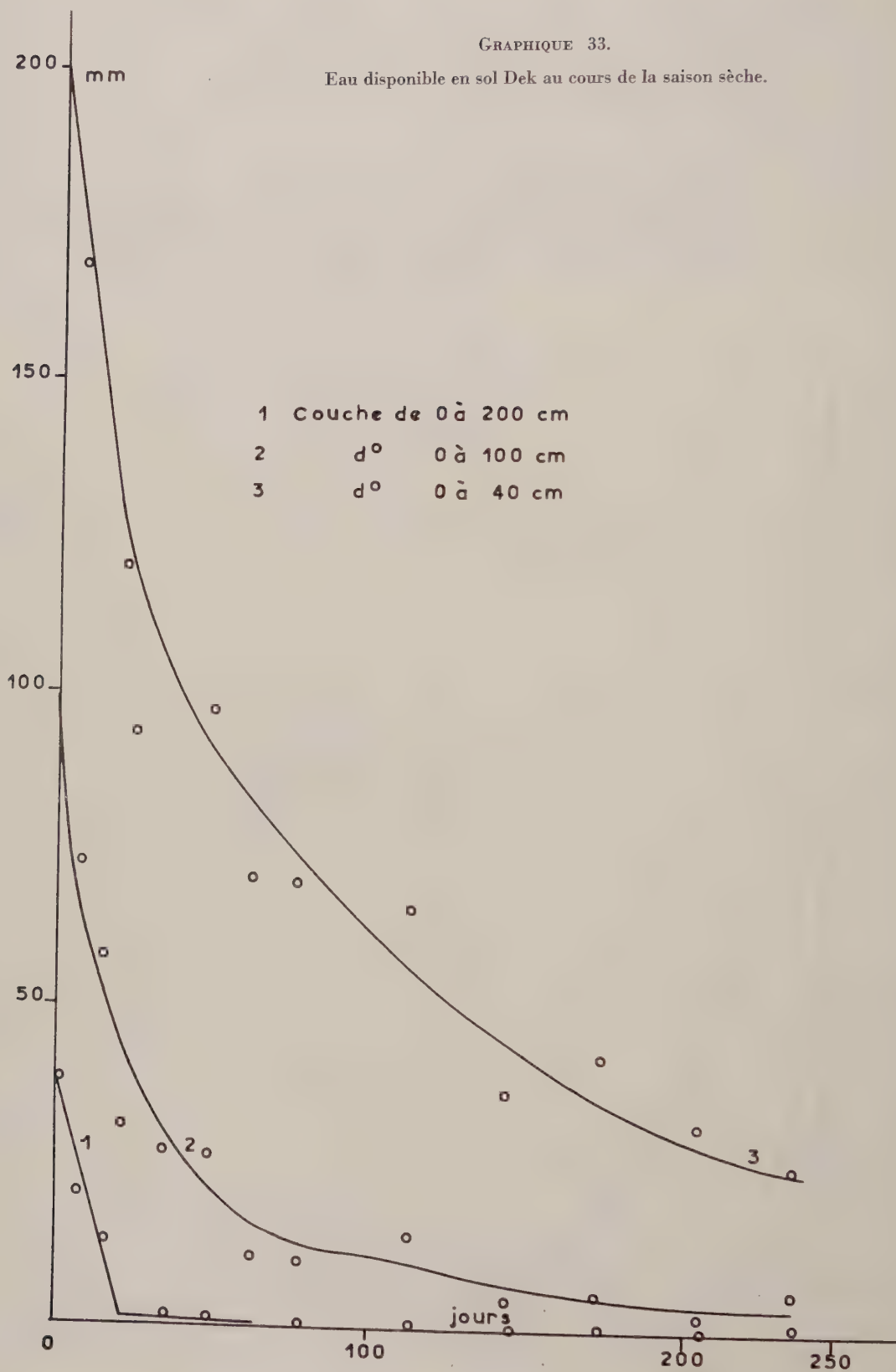
Eau disponible en sol Dior au cours de la saison sèche.

- 1) couche de 0 à 200 cm.
- 2) couche de 0 à 100 cm.
- 3) couche de 0 à 40 cm.



GRAPHIQUE 33.

Eau disponible en sol Dek au cours de la saison sèche.



Enfin, en ce qui concerne la mobilité des réserves du sol entre les deux niveaux considérés et l'influence de l'augmentation des tensions capillaires sur la croissance de la plante, il faut reconnaître que nous n'avons aucune donnée précise. Tout au plus avons-nous pu entrevoir que la mobilité des réserves était vraisemblablement plus grande en sol Dior, ce qui pourrait expliquer les valeurs d'évapotranspiration plus élevées observées pendant certaines périodes de la saison des pluies. On a pu d'ailleurs observer, lors d'années à pluviométrie irrégulière, une meilleure résistance à la sécheresse des plantes cultivées en sol Dior. Ceci pourrait tenir à la nature plus sableuse du sol Dior.

Notre propos n'étant pas ici d'étudier les besoins en eau de telle ou telle culture, nous nous en sommes tenus aux données classiques d'une portée plus générale et avons suivi les variations de l'eau disponible entre la capacité de rétention et le point de flétrissement à pF 4,2.

Les graphiques 30 et 31 montrent les variations de l'eau utilisable par les plantes dans les couches 0-40, 0-100 et 0-200 cm au cours de la saison des pluies. On constate que, pendant les trois premiers mois de la saison des pluies, les plantes n'ont jamais disposé de plus de 25 mm d'eau jusqu'à 1 m de profondeur en sol Dior, la valeur moyenne se situant aux alentours de 10 mm. Le 20 août, peu de temps avant les premières grandes pluies, l'eau disponible à cette profondeur devient pratiquement nulle, mais à cette date la plupart des plantes ont pu développer leurs racines au delà de 1 m. Il n'est pas étonnant dans ces conditions que la végétation ait été fortement ralentie.

En ce qui concerne le sol Dek, les réserves d'eau utilisables à 1 m de profondeur se trouvent légèrement supérieures à celles du sol Dior pendant les trois premiers mois de la saison des pluies. Le 20 août les plantes ne disposent jusqu'à 1 m de profondeur que de 4 mm.

A partir du 3 septembre les plantes sont largement alimentées en eau jusqu'au 24 septembre, date de la fin des pluies.

Les graphiques 32 et 33 nous montrent les variations du stock d'eau dans les deux sols en fonction du temps à partir de cette date. On voit que dès le cinquantième jour les plantes ne disposent plus d'eau jusqu'à 1 m de profondeur en sol Dior et que, même jusqu'à 2 m de profondeur, le stock diminue très rapidement : il se trouve réduit à 7 ou 8 mm à partir du centième jour (début janvier).

Le sol Dek, par contre, se trouve sensiblement mieux pourvu. Le stock d'eau disponible jusqu'à 1 m de profondeur ne devient jamais nul ; il demeure encore quelques mm disponibles fin mai ; quant à la réserve à 2 m de profondeur elle baisse assez régulièrement mais demeure de 25 mm à la fin de la saison sèche.

Ceci explique que les plantes se développent généralement mieux en sol Dek qu'en sol Dior au cours de la saison sèche ; ceci est le cas des doliques, ricins, niébés. On observe assez souvent des repousses de sorghos ou de mils en sol Dek, beaucoup plus rarement en sol Dior.

Les graphiques 34 et 35 traduisent d'une autre manière les mêmes faits. Ils indiquent à quelle profondeur doivent descendre les racines pour trouver 10, 25, 50 ou 100 mm d'eau dans les deux sols. Au centième jour, par exemple, soit début janvier, les plantes auront à leur disposition 10 mm d'eau à 1 m de profondeur, 25 mm à 1,35 m, 50 mm à 1,80 m en sol Dek. En sol Dior, à la même époque, il leur faudra dépasser la profondeur de 2 m pour trouver 10 mm d'eau.

### b) Influence de la végétation sur le dessèchement du sol

Jusqu'à présent l'évolution des profils hydriques n'a été suivie que sous friche naturelle. Nous avons été amenés à la demande de M. TARDIEU, au cours de la même année, à suivre cette évolution sous culture de doliques. Il s'agissait de tester le rôle de la densité de semis sur le rendement et, à cette occasion, de déterminer quelle pouvait être cette influence sur le dessèchement du sol. La dolique présente cette particularité d'être semée en août pour être récoltée en février. Plus de la moitié du cycle cultural de cette plante se situe donc en pleine saison sèche.

L'expérimentation fut réalisée en sol Dek. Plusieurs traitements furent comparés : terre nue, jachère, dolique, à 40.000 pieds/ha, doliques à 80.000 pieds/ha, doliques à 120.000 pieds/ha.

Des profils hydriques furent relevés aux dates suivantes : 26 octobre, 30 décembre, 16 février, avec deux répétitions par traitement.

Le tableau 34 donne les déficits cumulés à 1 m pour ces différents traitements ainsi que les déficits des profils hydriques relevés sous friche naturelle et précédemment étudiés.

Tous ces chiffres ont été ramenés à un profil moyen pour pouvoir être comparés entre eux. On peut constater qu'au 16 février, les valeurs du déficit sont très voisines quel que soit le traitement.

GRAPHIQUE 34.

Quantités d'eau disponibles pour la plante en fonction  
de la profondeur. Sol Dior. Saison sèche.

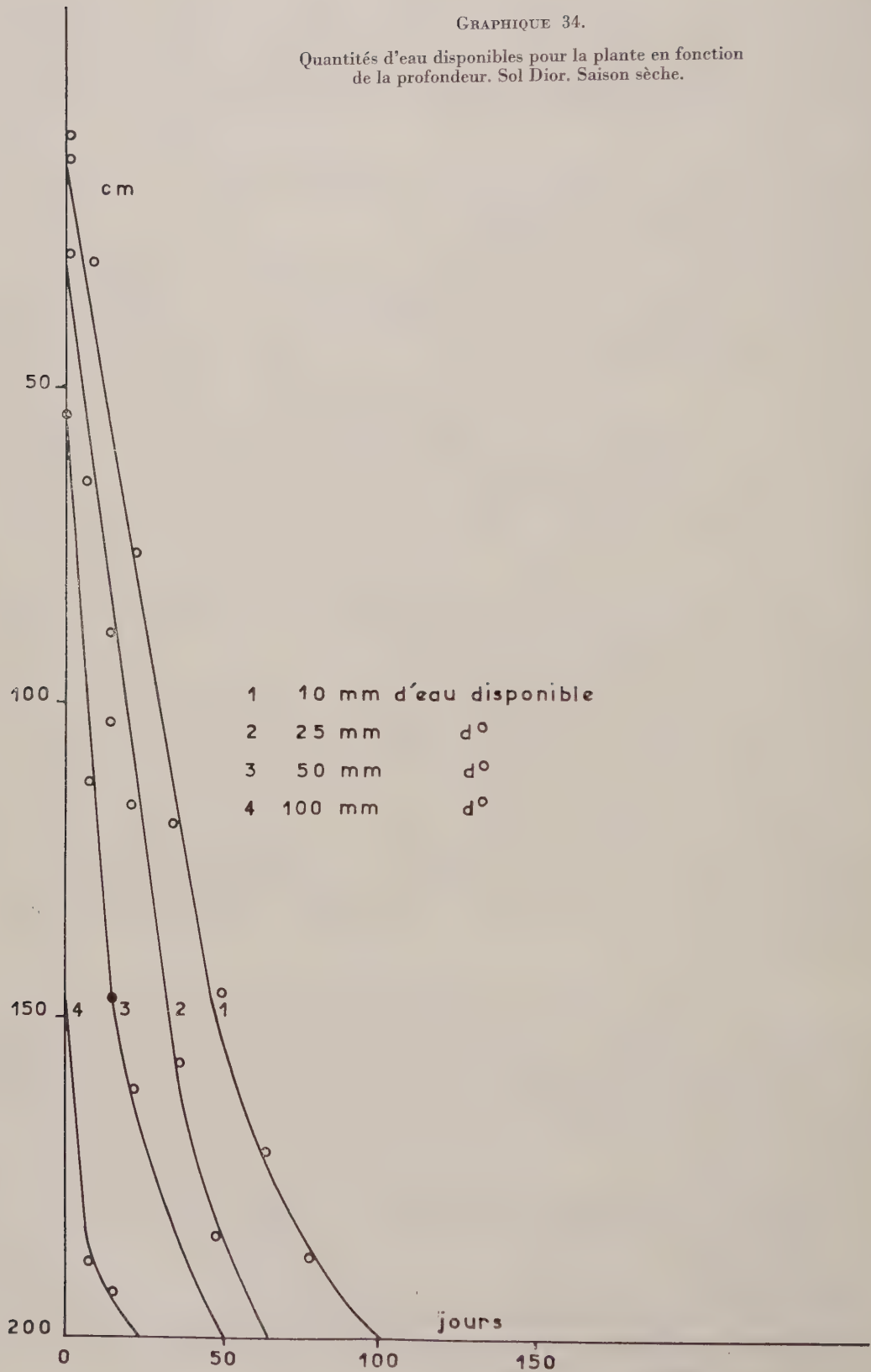


TABLEAU 34  
INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION SUR LE DESSÈCHEMENT DU SOL

| Déficits et pF<br>Dates<br>Traitements | Déficits à 1 m |               |              | pF (horizon 40-60) |               |              |
|----------------------------------------|----------------|---------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|
|                                        | 26-10<br>1959  | 30-12<br>1959 | 16-2<br>1960 | 26-10<br>1959      | 30-12<br>1959 | 16-2<br>1960 |
| Terre nue :                            |                |               |              |                    |               |              |
| Premier essai.....                     | 95             | 106           | 121          | 3,9                | 4,0           | 4,2          |
| Deuxième essai .....                   | 82             | 97            | 120          | 3,6                | 4,2           | 4,2          |
| Moyenne .....                          | 88             | 101           | 120          | 3,8                | 4,1           | 4,2          |
| Friche :                               |                |               |              |                    |               |              |
| Premier essai.....                     | 82             | 111           | 117          | 3,5                | 3,9           | 4,2          |
| Deuxième essai .....                   | 92             | 109           | 118          | 3,8                | 3,9           | 4,1          |
| Moyenne .....                          | 87             | 110           | 118          | 3,6                | 3,9           | 4,2          |
| Doliques 40.000 pieds/ha :             |                |               |              |                    |               |              |
| Premier essai.....                     | 69             | 98            | 103          | 3,3                | 3,7           | 3,9          |
| Deuxième essai .....                   | 54             | 113           | 116          | 3,2                | 3,9           | 4,1          |
| Moyenne .....                          | 62             | 105           | 110          | 3,3                | 3,8           | 4,0          |
| Doliques 80.000 pieds/ha :             |                |               |              |                    |               |              |
| Premier essai.....                     | 103            | 105           | 117          | 3,3                | 3,9           | 4,0          |
| Deuxième essai .....                   | 92             | 103           | 118          | 3,8                | 3,9           | 4,2          |
| Moyenne .....                          | 97             | 104           | 118          | 3,6                | 3,9           | 4,1          |
| Doliques 120.000 pieds/ha :            |                |               |              |                    |               |              |
| Premier essai.....                     | 75             | 104           | 109          | 3,3                | 4,0           | 4,0          |
| Deuxième essai .....                   | 59             | 109           | 107          | 3,1                | 3,9           | 4,0          |
| Moyenne .....                          | 67             | 107           | 108          | 3,2                | 3,9           | 4,0          |
|                                        | 29-10-1959     | 15-1-1960     | 15-2         | 29-10              | 15-1          | 15-2         |
| Friche :                               | 91             | 108           | 124          | 3,5                | 4,1           | 4,3          |

Il semble donc que, passée la période pluvieuse, le rôle de la végétation est à peu près négligeable dans l'évapotranspiration.

Les cultures de doliques furent malheureusement parasitées très fortement au mois de décembre, de sorte que les différences de densité de peuplement ne correspondaient pas à des différences de poids de matière sèche. Mais il est significatif de constater que les chiffres de la terre nue et de la jachère sont à peu près identiques.

On peut objecter que le déficit n'a été calculé que jusqu'à 1 m de profondeur, alors qu'à cette époque de l'année, les plantes s'alimentent principalement dans les horizons profonds. Mais, d'après les études faites précédemment, il est possible de se rendre compte que, si deux profils hydriques sont identiques jusqu'à la profondeur de 1 m, il y a toutes chances pour qu'au delà de cette profondeur, ils continuent à être identiques.

## 7) EXPLICATION DU DÉBIT AU COURS DE LA SAISON SÈCHE

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, l'évapotranspiration au cours de la saison sèche peut se représenter comme une fonction logarithmique du temps. Les équations simplifiées sont :

$$\begin{aligned} E &= 79 \log 10^t && \text{pour le sol Dek,} \\ E &= 71 \log 10^t && \text{pour le sol Dior.} \end{aligned}$$

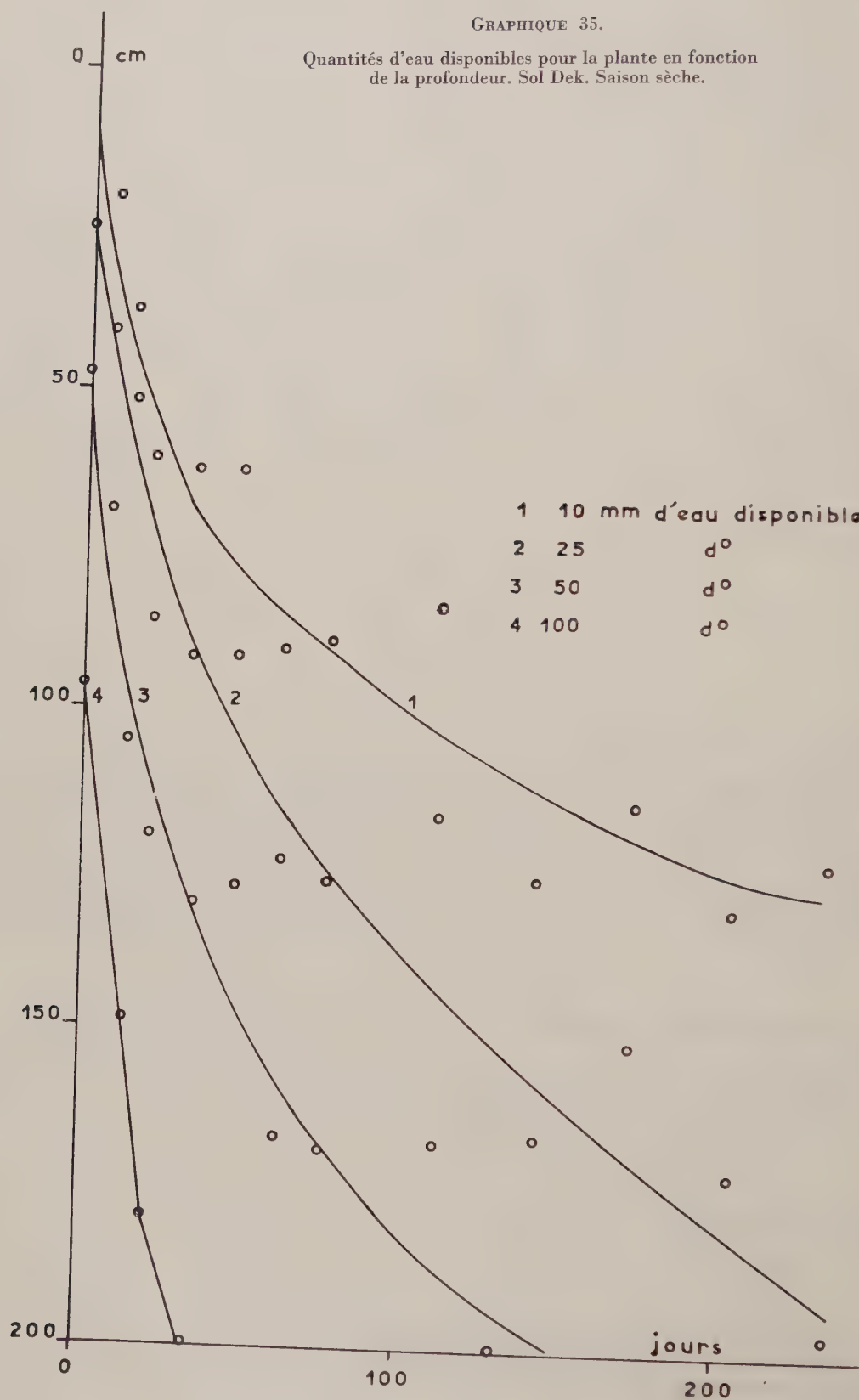
Le débit  $\frac{dQ}{dt}$  représentera la dérivée de ces fonctions, soit :

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{dt} &= \frac{34}{t} && \text{pour le sol Dek,} \\ \frac{dQ}{dt} &= \frac{31}{t} && \text{pour le sol Dior.} \end{aligned}$$

Le débit est donc une fonction inverse du temps.

GRAPHIQUE 35.

Quantités d'eau disponibles pour la plante en fonction  
de la profondeur. Sol Dek. Saison sèche.



On peut utiliser ces nouvelles équations pour en tirer une valeur approximative de l'évaporation journalière de ces deux sols à une époque déterminée de la saison sèche.

Par exemple, cinquante jours après la fin des pluies, l'évaporation journalière serait de 0,68 mm en sol Dek et 0,62 mm en sol Dior. Ces résultats ne sont pas en contradiction avec les mesures expérimentales. Toutefois, pour la période, qui suit immédiatement l'arrêt des pluies, les chiffres calculés sont beaucoup trop élevés ; il faut attendre une dizaine de jours pour avoir des chiffres plausibles.

Plusieurs théories ont été proposées pour rendre compte de l'évapotranspiration des sols entre deux périodes pluvieuses.

Nous ferons surtout référence ici aux travaux de HALLAIRE [11, 12, 13, 14] et tenteront de confronter les résultats expérimentaux obtenus ici avec les données théoriques établies par cet auteur.

### A) Diffusion capillaire

HALLAIRE a tout d'abord proposé une explication du débit par la diffusion capillaire [11] et partant de la relation :

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{d\psi}{dz}$$

où  $\lambda$  représente une variable, fonction de  $\psi$ .

Ayant établi qu'il existait une variation linéaire entre  $\log(\psi - 1.000)$  et la profondeur  $z$ , il en arrive à définir la variable  $\lambda$ , coefficient de conductibilité par l'équation :

$$\lambda = \frac{A}{\psi - 1000} \quad \text{avec } A = \text{constante}$$

ce qui lui permet d'exprimer le débit par l'équation :

$$\frac{dQ}{dt} = A' \frac{d \log(\psi - 1000)}{dz} \quad \text{avec } A' = \text{constante.}$$

Cette équation ne peut rendre compte des phénomènes observés au cours de notre étude.

Nous avons, en effet, tenté de suivre les variations de la fonction  $\log(\psi - \psi_0)$  avec la profondeur, où  $\psi_0$  représente la valeur de  $\psi$  correspondant à la capacité de rétention.

HALLAIRE avait choisi pour  $\psi_0$  la valeur 1000 ; nous avons adopté la valeur 500 correspondant mieux aux caractéristiques des sols étudiés. Il faut noter que les variations de  $\log(\psi - 500)$  avec la profondeur sont très voisines de la courbe des pF, puisque  $pF = \log \psi$ . Les deux courbes peuvent pratiquement être confondues sauf pour des valeurs proches de la capacité de rétention.

Les variations de  $\log(\psi - 500)$  avec la profondeur ne sont à aucun moment conformes à ce que laissait prévoir la théorie et ne présentent jamais l'allure de variations linéaires.

Par ailleurs, en établissant ces courbes, l'auteur avait mis en évidence, à faible profondeur, une cassure nette.

Il définissait ainsi une zone superficielle, où les lois de la diffusion capillaire ne jouaient plus, la diffusion de l'eau s'y faisant exclusivement sous la forme vapeur.

Cette cassure est visible sur certaines courbes  $pF = f(z)$  établies peu de temps après l'arrêt des pluies (graphiques 15 et 16). L'évapotranspiration est à ce moment intense et provoque un dessèchement très rapide dans les horizons superficiels. Il y a augmentation rapide des tensions capillaires dans cette zone, augmentation beaucoup plus lente en profondeur. On obtient bien ainsi deux courbes assimilables à des droites se raccordant suivant un rayon de courbure très faible.

Mais, par la suite, au fur et à mesure que le dessèchement s'accroît, un mouvement de compensation se produit : les variations des tensions capillaires se font plus lentement dans les horizons superficiels, alors qu'elles deviennent plus sensibles en profondeur. Le raccordement entre les deux courbes se situe à une profondeur de plus en plus grande dans le profil. En même temps, il devient de moins en moins visible car il se fait suivant un rayon de courbure de plus en plus grand. Les deux courbes se trouveront bientôt confondues en une seule, sans qu'il soit possible de mettre en évidence dans un quelconque horizon du profil une discontinuité marquée.

Ces faits pourraient traduire l'importance de plus en plus grande que revêt la diffusion sous forme vapeur

quand le dessèchement du profil s'accroît. On peut se demander si, à partir d'un certain stade, l'évaporation du sol à tous les niveaux n'est pas régie exclusivement par les lois de la diffusion de la vapeur d'eau. Ce dernier point sera examiné plus loin.

De toutes façons, il ne semble pas que les lois de la diffusion capillaire, telles qu'elles ont été définies par HALLAIRE, puissent rendre compte de l'évaporation des sols au cours de la saison sèche dans les conditions climatiques du Sénégal.

Tout au plus pourraient-elles s'appliquer pendant une courte période (une à deux semaines) suivant immédiatement la fin des pluies.

Il convient de souligner ici les importantes différences entre les conditions expérimentales des études réalisées par HALLAIRE sur des sols de la région parisienne et des nôtres sur des sols du Sénégal. Outre les conditions climatiques et la nature des sols, qui sont radicalement différentes, les expérimentations d'HALLAIRE ont porté sur des profils de sols ne dépassant pas 50 cm de profondeur (contre 2 m pour les nôtres). Le découpage du profil se faisant par tranches beaucoup plus fines.

Ces raisons ne semblent pas suffisantes, toutefois, pour expliquer les différences observées entre les résultats.

Par la suite HALLAIRE reconnut les limites de validité de la loi de diffusion capillaire : celle-ci ne serait valable qu'en régime d'évaporation constante, ce qui n'est évidemment pas le cas ici.

### B) Vitesse d'assèchement du sol

La loi de diffusion capillaire est en particulier incapable de rendre compte du déplacement *per ascensum* de l'eau lorsqu'elle se produit à contre-gradient d'humidité.

Il a été démontré expérimentalement que cette circulation pouvait se faire à partir d'horizons profonds relativement secs vers des horizons superficiels plus humides.

HALLAIRE [13, 14] a alors mis en évidence l'intérêt de la notion de vitesse de dessèchement du sol.

Etablissant les courbes de vitesse de dessèchement du sol en fonction du taux d'humidité,  $\frac{\Delta H}{\Delta t} = f(H)$ ,

il distingue trois phases dans le dessèchement du sol :

$\alpha$ ) une première phase, au voisinage de la capacité de rétention, correspond à un palier plus ou moins long, où la vitesse de dessèchement est constante et correspond aux conditions de l'évapotranspiration potentielle.

$\beta$ ) une partie linéaire où  $\frac{\Delta H}{\Delta t}$  décroît avec l'humidité selon l'équation  $\frac{\Delta H}{\Delta t} = \alpha (H - H_1)$ ,

$\gamma$ ) une queue de courbe observée en fin de dessèchement du sol où l'humidité peut descendre au-dessous de la valeur  $H_1$  indiquée ci-dessus.

Nous avons tenté de retrouver ces éléments dans nos mesures expérimentales en établissant les courbes  $\frac{\Delta H}{\Delta t} = f(S)$ ,  $S$  représentant le stock d'eau jusqu'à 2 m de profondeur.

L'humidité moyenne du profil se calcule aisément d'après le stock d'eau en mm, par la formule :

$$H \% = \frac{S}{d \times 20} \quad \text{où } d = \text{densité apparente du sol.}$$

Les courbes ainsi obtenues présentent bien les trois phases trouvées par HALLAIRE, mais légèrement modifiées :

$\alpha$ ) Une phase d'évapotranspiration intense, sans toutefois qu'on puisse observer un palier, les valeurs de l'évapotranspiration journalière n'étant pas constantes et se trouvant nettement inférieures à l'évapotranspiration potentielle.

$\beta$ ) Une deuxième phase où la vitesse de dessèchement diminue rapidement ; il est difficile de préciser, à cause de l'erreur expérimentale et du trop petit nombre de chiffres, dont nous disposons, si cette variation est linéaire. Le début de cette phase est, en tous cas, facilement observable : il correspond à un stock d'eau en sol Dek de 170 mm, en sol Dior de 80 mm, soit des humidités moyennes de 5,3 % et 2,7 %. Ces humidités représentent dans les deux sols un même pF : le pF 3,5.

$\gamma$ ) La troisième phase correspond à des évaporations faibles à nulles : elle paraît débiter pour un stock

d'eau de 50 mm en sol Dior, de 100 mm en sol Dek, soit des humidités moyennes de 1,7 % et 3,1 %, ce qui représente pour les deux sols une valeur moyenne de pF voisine de 4,2.

Il apparaît donc que les valeurs de l'évaporation sont en relation étroite avec le taux d'humidité du sol, conformément à ce qu'avait établi HALLAIRE. Nous trouvons ainsi confirmation de l'hypothèse, que nous avions avancée plus haut, pour tenter d'expliquer les chiffres d'évaporation plus élevés observés en sol Dek au cours de la saison sèche : avant de parvenir au même degré d'assèchement que le sol Dior, les taux d'évaporation se maintiendront à un niveau plus élevé en sol Dek car les réserves d'eau y sont plus importantes.

Pour les deux sols, le palier correspondant aux conditions de l'évapotranspiration potentielle est court, car les valeurs de l'E T P sont ici très élevées. Le seuil au delà duquel la transpiration est réduite apparaît rapidement. La profondeur du système racinaire influe également, d'après HALLAIRE, sur l'apparition de ce seuil. Celui-ci apparaîtra d'autant plus rapidement que cette profondeur est plus faible. Nous n'avons pas eu l'occasion de vérifier ce dernier point.

HALLAIRE a établi ensuite expérimentalement une loi de variation des pertes en eau du sol avec la profondeur.

Ces pertes en eau varient avec la profondeur  $z$  selon deux courbes exponentielles successives :

$$U = U^0 \exp(-a_1 z) \quad \text{et} \quad U^0 = U'^0 \exp(-a_2 z).$$

Cette loi ne paraît pas pouvoir s'appliquer aux variations d'humidités observées dans notre étude, sinon pendant la première phase d'évapotranspiration faisant suite à l'arrêt des pluies.

Elle implique en effet que les pertes en eau par unité de temps et d'épaisseur de sol soit constamment croissantes depuis la profondeur jusqu'à la surface. Or ceci ne s'observe que pendant trois ou quatre semaines après la fin des pluies. Par la suite, les pertes d'eau dans les horizons superficiels deviennent très faibles ; les pertes d'eau en profondeur leur deviennent alors nettement supérieures, ce qui est en contradiction avec les données de HALLAIRE. Même au cours de la première phase les deux courbes exponentielles n'ont pu être établies, mais ceci peut tenir à l'imprécision des mesures effectuées sur le terrain.

Ce que nous pouvons par contre affirmer, c'est qu'à partir d'un certain degré d'assèchement des horizons superficiels, cette loi de variation des pertes en eau avec la profondeur n'a aucune chance d'être vérifiée.

### C) Diffusion de l'eau sous forme vapeur

D'après HALLAIRE [12] cette diffusion doit répondre à une équation de la forme :

$$\frac{dQ}{dt} = A(t) \frac{dH}{dz} \quad A(t) = \text{fonction décroissante.}$$

En réalité les courbes expérimentales tracées dans le système de coordonnées  $\frac{dQ}{dt}$ ,  $\frac{dH}{dz}$ , semblent bien traduire une relation linéaire mais celle-ci serait de la forme :

$$\frac{dQ}{dt} = A(t) \frac{dH}{dz} + B \quad (B \neq \text{constante})$$

ce qui correspond aux résultats trouvés par HALLAIRE pour les couches voisines de la surface d'évaporation. Cette relation s'explique par la superposition de la diffusion liquide et vapeur. Il serait intéressant de connaître l'importance relative de chaque forme de diffusion aux différentes profondeurs, mais les erreurs expérimentales inhérentes à notre méthode nous interdisent d'aller trop avant dans cette voie. Il est probable que la diffusion sous forme vapeur intéresse des couches de plus en plus profondes au fur et à mesure que la saison sèche s'avance et qu'elle devient le phénomène prépondérant pour toute la zone accessible aux racines.

## 8) APPLICATIONS PRATIQUES

### A) Conservation de l'humidité dans le sol

Pour l'ensemble de la région climatique sahélo-soudanienne l'eau est généralement le premier facteur limitant la production agricole. Il est donc du plus haut intérêt de limiter les pertes par évaporation de façon à garder le maximum d'eau à la disposition des cultures.

Cette conservation de l'eau est particulièrement intéressante aux deux époques suivantes :

Début de la période des pluies : mois de juin et juillet.

Période suivant la fin des pluies : mois d'octobre et novembre.

C'est en effet le début de la saison des pluies qui constitue la période la plus critique pour l'alimentation hydrique des plantes.

La saturation du sol ne se produit en effet qu'au mois d'août ou même plus tardivement suivant la fréquence et la hauteur des pluies. D'après les études faites en cases lysimétriques [6] l'apparition du drainage à 2 m de profondeur se situe, suivant les années, entre le 1<sup>er</sup> août et le 1<sup>er</sup> octobre.

La plante, pendant la première phase de sa croissance est particulièrement sensible à la sécheresse et tout déficit d'alimentation hydrique se traduit alors par une baisse notable de rendement.

Plusieurs procédés peuvent être utilisés pour limiter les pertes d'eau par évaporation du sol. Parmi ceux-ci les plus efficaces semblent être :

les sarclo-binages,

l'incorporation au sol de coques d'arachides broyées.

Les sarclo-binages ont pour double effet de supprimer les mauvaises herbes et d'émietter la couche superficielle du sol. Ils se traduisent par une incontestable économie de l'eau dans le sol, obtenue, semble-t-il, d'abord par la suppression de la concurrence des mauvaises herbes que par le binage proprement dit.

L'incorporation au sol de coques d'arachides broyées a été étudiée par BILLAZ [9]. L'efficacité de cette technique dépend de la finesse de broyage et de la quantité de coques mélangées au sol. Son utilisation, bien que très intéressante, se heurte à des considérations économiques défavorables.

Pendant la période de drainage qui suit la saturation du sol et dure généralement jusqu'à la fin des pluies, la limitation des pertes par évaporation présente moins d'intérêt. Il y aurait lieu au contraire de lutter contre un drainage excessif, qui se traduit par des pertes importantes en éléments minéraux.

Après la fin des pluies la plante s'alimente en eau uniquement à partir des réserves du sol. Si les pluies cessent précocement, début octobre, certaines plantes, devront subsister deux mois, dans ces conditions. C'est le cas du mil, par exemple, pour lequel cette période correspond à la formation des grains. C'est pourquoi le potentiel de production est étroitement lié à la capacité de rétention de l'eau du sol. C'est pourquoi également il est très important de ne pas gaspiller les réserves du sol par évaporation.

La meilleure protection contre l'évaporation est constituée à ce moment par la plante elle-même. Si elle présente un développement végétatif satisfaisant, la masse foliaire protégera le sol contre les rayons solaires et créera un microclimat à faible pouvoir évaporant. La transpiration n'en sera pas forcément augmentée, car les feuilles situées à la base de la tige, protégées par celles qui se trouvent au-dessus transpireront moins, ce qui compensera, au moins partiellement, l'effet d'une surface foliaire plus importante.

Au total les pertes par évapotranspiration seront alors plus faibles sous une végétation bien fournie, protégeant le sol par un écran continu, que sous une végétation clairsemée. C'est ce que des mesures d'humidité effectuées dans la couche superficielle du sol ont permis de vérifier à l'occasion d'une étude de l'influence du *Faidherbia albida* sur la fertilité des sols [15].

Le travail du sol permet également de conserver de façon efficace l'humidité après la fin des pluies. C'est ce qui a été montré dans une étude effectuée en collaboration avec Ph. GAUDEFROY-DEMOMBYNES [16]. Il s'agissait alors du passage d'un rotavator sur jachère d'un an, passage effectué au moment des dernières pluies. Le rotavator avait produit un émiettement poussé de la couche superficielle du sol, et son action s'était révélée plus efficace, pour la conservation de l'humidité dans le sol, que les déchaumages effectués à la charrue à disque. Toutefois la date de passage du rotavator avait une grande influence : seules les terres travaillées immédiatement après la dernière grande pluie conservèrent un taux d'humidité nettement supérieur pendant la saison sèche. Les façons culturales effectuées avant ou après cette date se révélèrent inefficaces.

La conservation de l'humidité par ce moyen ne peut être étendue aux terres en culture puisque les récoltes ont souvent lieu plusieurs semaines après la fin des pluies. L'intérêt de cette pratique réside dans les meilleures conditions de préparation du sol pour la saison culturale suivante. Cette préparation se fait en effet en sec, avant le début des pluies ; l'ameublissement étant corrélatif de l'état d'humidité du sol, les préparations effectuées mécaniquement seront sensiblement facilitées.

## B) Irrigation

Celle-ci peut se concevoir soit comme irrigation de complément au cours de l'hivernage, soit comme une irrigation complète au cours de la saison sèche. Les productions végétales ne seront naturellement pas les mêmes dans les deux cas.

## a) IRRIGATION DE COMPLÉMENT, PENDANT LA SAISON DES PLUIES.

Cette irrigation pourra concerner des cultures vivrières ou industrielles : arachides, mils, sorghos, ricins... Nous pouvons admettre, d'après ce qui a été vu précédemment, que les besoins journaliers de ces plantes pendant les mois de juin à novembre sont de 7 mm par jour. Le débit fictif continu serait donc de :

$$\frac{70.000}{24 \times 60 \times 60} = 0,81 \text{ litre/ha/seconde.}$$

Ce chiffre doit être diminué des précipitations tombant pendant l'hivernage.

A titre d'exemple, calculons pour l'année 1959, par périodes de dix jours le cube d'eau qui eût été nécessaire pour que la végétation ait pu atteindre son maximum de développement (évapotranspiration potentielle).

Soit une culture de mil dont le semis est effectué le 20 juin, le cycle végétatif du mil étant de cent cinquante jours.

Au 20 juin le déficit du sol Dior atteint 110 mm, celui du sol Dek 160 mm. Il conviendra, avant le semis de combler ce déficit, mais il ne sera pas nécessaire de le combler complètement.

Il sera suffisant de maintenir ce déficit aux alentours de 50 mm, le sol étant alors capable d'alimenter la plante à partir de ses réserves, sans qu'il y ait gaspillage d'eau. Cette opération aura lieu au cours de la deuxième décade ; pendant ce temps l'évaporation du sol nu est maximum (50 mm). Par la suite, il suffira d'apporter un complément d'eau de façon à ce que l'évapotranspiration décadaire atteigne 70 mm et que le déficit se maintienne à une valeur inférieure ou égale à 50 mm. Le tableau 35 donne ces valeurs pour le sol Dek.

TABLEAU 35

CONDITIONS DE L'IRRIGATION AU COURS DE L'HIVERNAGE EN SOL DEK

| Périodes          | T  | A<br>m <sup>3</sup> /ha | d<br>e/sec/ha | t     | n     | s      | O.      |
|-------------------|----|-------------------------|---------------|-------|-------|--------|---------|
| Juin 1 .....      | 10 | 0                       | —             |       |       |        | —       |
| — 2 .....         | 10 | 160                     | 1,85          | 16'   | 900   | 54 ha  | 4 h 30' |
| — 3 .....         | 10 | 370                     | 0,43          | 3'42" | 3.900 | 234 ha | 1 h 02' |
| Juillet 1 .....   | 10 | 420                     | 0,49          | 4'12" | 3.400 | 204    | 1 h 10' |
| — 2 .....         | 10 | 480                     | 0,56          | 4'48" | 3.000 | 180    | 1 h 20' |
| — 3 .....         | 10 | 540                     | 0,63          | 5'24" | 2.700 | 162    | 1 h 30' |
| Août 1 .....      | 10 | 320                     | 0,37          | 3'12" | 4.500 | 270    | 53'     |
| — 2 .....         | 10 | 600                     | 0,70          | 6'    | 2.400 | 144    | 1 h 40' |
| — 3 .....         | 10 | 0                       | 0             |       |       |        |         |
| Septembre 1 ..... | 10 | 0                       | 0             |       |       |        |         |
| — 2 .....         | 10 | 0                       | 0             |       |       |        |         |
| — 3 .....         | 10 | 200                     | 0,23          | 2'    | 7.200 | 432    | 33'     |
| Octobre 1 .....   | 10 | 700                     | 0,81          | 7'    | 2.100 | 126    | 1 h 57' |
| — 2 .....         | 10 | 700                     | 0,81          | 7'    | 2.100 | 126    | 1 h 57' |
| — 3 .....         | 10 | 700                     | 0,81          | 7'    | 2.100 | 126    | 1 h 57' |

Constantes : K = 1,7.10<sup>-4</sup> m/sec  
 m = 0,10 m<sup>3</sup>/sec  
 s = 600 m<sup>2</sup>

On voit que fin octobre le cube d'eau nécessaire en sol Dior est de 513 mm, en sol Dek 563 mm, la différence représentant la différence entre les déficits en début d'irrigation.

L'intervalle entre deux arrosages peut être fixé à dix jours, pour les plantes considérées ; les chiffres du tableau deviennent ainsi des doses d'arrosages ; celles-ci sont exprimées en mm ; leur valeur, exprimée en m<sup>3</sup> à l'ha s'obtient en multipliant les chiffres par 10.

La durée de l'arrosage se définit par la valeur :  $t = \frac{A}{K}$  où  $A$  représente la dose d'arrosage,  $K$  la perméabilité.

En se référant aux résultats obtenus par la méthode de MUNTZ, la valeur de  $K$  varie, pour les sols considérés, entre 840 et 200 mm à l'heure, suivant que le sol est sec ou humide. Nous prendrons la valeur intermédiaire de 600 mm/heure, soit 10 mm par minute. Dans ces conditions la durée de l'arrosage pour la plus forte dose employée (160 mm) est de seize minutes, la dose la plus faible (20 mm) ne demandant pas plus de deux minutes.

L'unité parcellaire d'arrosage se définit par le rapport  $s = \frac{m}{K}$  où  $m$  représente le module d'irrigation et  $K$  la perméabilité du sol. Le module d'irrigation est le débit effectivement fourni pendant la durée de l'irrigation : sa valeur est dictée par des considérations économiques ; elle augmente avec la perméabilité des sols, mais pratiquement ne peut dépasser 100 lit/sec/ha.

La valeur de  $K$  étant de 600 mm à l'heure soit :  $1,7 \cdot 10^{-4}$  m/sec on obtient :  $s = \frac{0,10}{1,7 \cdot 10^{-4}} = 600 \text{ m}^2$ .

Le tableau 35 donne les caractéristiques des différents arrosages en supposant constants le module d'irrigation et l'unité parcellaire d'arrosage.

Le débit caractéristique, exprimé en l/sec, s'obtient par la formule :  $d = \frac{A}{T}$ .

La durée de chaque irrigation  $t$  est égale à :  $t = \frac{A}{K}$ .

Le nombre  $n$  d'unités parcellaires par cycle d'arrosage s'obtient par le rapport :  $n = \frac{T}{t} = \frac{K}{d}$ .

Connaissant  $n$  et  $s$  on en déduit  $S$ , surface irriguée par le module :  $S = n s$ .

Enfin on peut calculer le temps  $O$  pendant lequel on fournit le module à l'ha :  $O = \frac{A}{m}$ .

Nous avons pris pour chiffre de perméabilité une valeur de 10 mm à la minute ; mais quand le sol est très sec, la valeur de  $K$  peut atteindre et même dépasser 15 mm à la minute. Dans ces conditions il n'est pas possible d'effectuer une irrigation par submersion. Seule reste praticable l'irrigation par aspersion en employant des doses plus faibles (250 m<sup>3</sup> à l'ha) mais répétées.

#### b) IRRIGATION AU COURS DE LA SAISON SÈCHE.

L'irrigation est alors la seule source d'eau pour les plantes, puisque, pendant cette période, les précipitations sont nulles.

Par ailleurs les besoins des plantes sont accrus en fin de saison sèche car l'évapotranspiration potentielle croît sensiblement à partir de janvier. Si, jusqu'en décembre, on peut conserver le chiffre de 7 mm par jour, à partir de janvier il faut prendre 8 mm.

Les cultures maraîchères ayant, en général un enracinement superficiel, il conviendra de raccourcir les périodes d'arrosages : un intervalle de trois jours peut convenir.

Soit par exemple une culture débutant au 1<sup>er</sup> janvier et occupant le terrain pendant quatre mois.

Au 1<sup>er</sup> janvier le déficit en sol Dek est de 150 mm, en sol Dior de 120 mm. Il conviendra donc de réduire le déficit en apportant une dose de 100 mm, soit 1.000 m<sup>3</sup>/ha en sol Dek et 70 mm soit 700 m<sup>3</sup>/ha en sol Dior.

Par la suite des doses d'entretien seront de 240 m<sup>3</sup>/ha tous les trois jours. Le débit caractéristique est alors de :

$$d = \frac{A}{T} = 0,9 \text{ l/sec/ha.}$$

Les planches d'irrigation en culture maraîchère pourront avoir une dimension plus réduite, soit 200 m<sup>2</sup>. Le module d'irrigation sera alors de :  $m = s K = 200 \times 1,7 \times 10^{-4} = 0,034 \text{ m}^3/\text{sec}$ , si l'on continue à prendre comme valeur moyenne de perméabilité le chiffre de  $1,7 \times 10^{-4}$  m/sec (soit 10 mm à la minute).

La durée de l'irrigation sera de :  $t = \frac{A}{K} = \frac{24}{10}$  soit deux minutes vingt-quatre secondes.

Le nombre d'unités parcellaires à l'hectare devient :

$$n = \frac{T}{t} = \frac{3 \times 24 \times 60}{2,4} = 1.800$$

La surface S, irriguée par le module, sera :  $S = n s = 36$  hectares et le temps O pendant lequel le module est appliqué à l'hectare :  $O = \frac{A}{m} = \frac{240}{0,034} = 7.005$  secondes soit une heure cinquante-huit minutes.

Au bout de quatre mois la culture aura nécessité 960 mm comme irrigation d'entretien (soit 9.600 m<sup>3</sup>/ha) et 70 à 100 mm pour réduire le déficit initial du sol, soit au total 10.600 m<sup>3</sup>/ha en sol Dek.

### C) Fertilisation

Dans toute la zone sahélo-soudanienne, à courte saison des pluies, l'eau est le premier facteur limitant des cultures. Les plantes peuvent s'accommoder plus ou moins bien d'une alimentation hydrique insuffisante, leur végétation est considérablement améliorée quand la pluviométrie atteint un niveau satisfaisant. Le cas de l'arachide est bien connu : dans la région de Louga, zone limite de sa culture, son rendement peut varier du simple au quadruple d'une année sur l'autre, suivant la pluviométrie. Il est malheureusement exceptionnel, de pouvoir corriger ces aléas climatiques par une irrigation de complément, bien qu'il soit impardonnable de négliger le procédé, quand il peut être économiquement utilisé.

Par contre, il est possible d'intervenir sur la croissance de la plante par le biais de la fertilisation. Or l'absorption des éléments minéraux par la plante se trouve étroitement conditionnée par les disponibilités en eau du sol.

C'est ainsi que, dans le cadre d'une étude sur l'influence du *Faidherbia albida* sur la croissance des mils [15], les chiffres de différents éléments du sol ont été comparés aux quantités de ces mêmes éléments se trouvant dans la feuille de mil. Des corrélations positives ont été trouvées pour plusieurs éléments, en particulier : Ca, Mg échangeables, la somme S des cations échangeables, N et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> totaux (tableau 36), mais ces corrélations

TABLEAU 36

INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ DU SOL SUR L'ABSORPTION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX ET LE RENDEMENT DU MIL

1° Corrélations entre la quantité d'éléments du sol et la quantité d'éléments dans la feuille de mil.

| ÉLÉMENTS DU SOL                              | VALEURS DE r |              |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|
|                                              | Premier cas  | Deuxième cas |
| A) Ca échangeable.....                       | 554          | 770          |
| B) Mg échangeable .....                      | 543          | 853          |
| C) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ..... | 310          | 642          |
| D) N total .....                             | 652          | 943          |
| E) Somme des bases échangeables .....        | 699          | 896          |

Premier cas : corrélations éléments du sol/éléments de la feuille.

Deuxième cas : corrélations éléments du sol  $\times \frac{H}{HE}$  /éléments de la feuille.

2° Corrélations entre les éléments du sol et le rendement du mil.

| ÉLÉMENTS DU SOL                    | VALEURS DE r |              |               |
|------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
|                                    | Premier cas  | Deuxième cas | Troisième cas |
| N total .....                      | 0,515        | 0,816        | 0,829         |
| Somme des bases échangeables ..... | 0,673        | 0,838        | 0,847         |
| Ca échangeable .....               | 0,701        | 0,811        | 0,860         |

Premier cas : corrélation éléments du sol/rendement.

Deuxième cas : corrélation éléments du sol  $\times \frac{H}{HE}$  /rendement.

Troisième cas : corrélation éléments du sol  $\times \frac{H}{HE}$  /rendement

deviennent beaucoup plus significatives si les chiffres des éléments du sol sont multipliée par le rapport  $\frac{H}{HE}$ , où H représente l'humidité du sol au moment du prélèvement (début octobre) et H E l'humidité équivalente.

Ce rapport est directement proportionnel à la quantité d'eau disponible pour les plantes. Autrement dit, pour tous ces éléments, leur absorption par la plante est fortement influencée par l'eau disponible du sol. D'autres études concernant la physiologie du mil [17] démontrent également les relations existant entre évapotranspiration, élaboration de la matière sèche, absorption des éléments minéraux. En ce qui concerne le rendement, les interactions entre alimentation hydrique et absorption minérale ont également une influence déterminante. Le tableau 36 donne les corrélations existant entre l'azote du sol, la somme des bases échangeables, le calcium échangeable et le rendement du mil. Ces corrélations ont été également calculées en multipliant les chiffres des éléments du sol par l'humidité, puis par le rapport  $\frac{H}{HE}$ . Le coefficient de corrélation augmente très nettement en multipliant par H les chiffres des éléments du sol ; il augmente encore légèrement quand on le multiplie

par  $\frac{H}{HE}$ .

Il n'est donc pas étonnant, dans ces conditions, que les réponses de la plante à l'engrais puissent être sensiblement différentes d'une année sur l'autre, suivant la pluviométrie.

Ne connaissant pas à l'avance la pluviométrie de la saison culturale, il ne sera évidemment pas possible de modifier en conséquence la formule et la dose de la fumure qui sera apportée au semis ; par contre il sera peut-être intéressant d'intervenir en cours de végétation par des apports fractionnés, judicieusement dosés. Ceci suppose qu'on soit en mesure de suivre, au cours du temps : l'évapotranspiration, l'élaboration de la matière sèche et le mouvement des solutions dans le sol. Nous avons vu que le calcul théorique par la formule de TURC permettait une estimation satisfaisante de ces données, qu'en outre il était possible de vérifier et de préciser ce calcul par la mesure périodique des déficits du sol. Une première application de cette idée est en cours : elle concerne le fractionnement de la fumure azotée sur le mil [17].

Il sera toujours du plus grand intérêt d'interpréter les résultats expérimentaux sur les engrais minéraux en appréciant au préalable les conditions dans lesquelles s'est faite l'alimentation hydrique de la plante. Nous pensons que cette méthode devrait être source de progrès pour une utilisation plus efficace des engrais minéraux et une meilleure connaissance de leur action.

La connaissance de la vitesse d'épuisement des réserves du sol, du bilan minéral de chaque culture ou de chaque rotation permettra de concevoir une politique non plus statique mais dynamique de la fertilisation.

Ayant par ailleurs la faculté de suivre, au cours d'une saison des pluies, la « descente » dans le profil des éléments fertilisants facilement lessivés — tels que l'azote, la potasse, la chaux — il sera aisé de définir les meilleures dates d'application de l'engrais de façon à ce que les plantes aient toujours, à une profondeur accessible aux racines, une quantité suffisante d'éléments nutritifs.

C'est principalement dans cette voie que devront s'orienter, à notre avis, les recherches faisant suite à la présente étude.

**CONCLUSION. RÉSUMÉ.** — Cette étude complète les données acquises sur le bilan de l'eau par l'expérimentation en cases lysimétriques.

Les variations des humidités et des tensions capillaires ont été périodiquement suivies dans deux sols sous friche, jusqu'à deux mètres de profondeur, au cours d'une année entière.

Pour chaque profil hydrique ont été calculés : le stock d'eau du sol à différentes profondeurs, la quantité d'eau utilisable par les plantes, le déficit de rétention. La variation de ces valeurs au cours du temps a permis de calculer l'évapotranspiration réelle et d'évaluer, dans un cas particulier, le volume du drainage.

L'évapotranspiration potentielle a pu être évaluée en saison des pluies et en saison sèche.

Pour tenter d'expliquer le débit pendant la saison sèche, diverses hypothèses ont été examinées ; certaines se sont révélées nettement insuffisantes pour rendre compte des phénomènes observés : c'est le cas, en particulier, de la loi de diffusion capillaire, telle qu'elle a été exprimée par HALLAIRE.

La connaissance de ces données a permis d'aborder différents problèmes tels que celui de la conservation de l'humidité dans le sol et celui de l'irrigation.

Mais, sur le plan des applications pratiques, les conséquences les plus importantes de cette étude pourraient concerner le domaine de la fertilisation.

La confrontation des mesures expérimentales avec les données théoriques de la formule de TURC pour le calcul

de l'évapotranspiration a montré en effet la très bonne concordance entre ces deux séries de résultats. L'intérêt de cette formule ayant déjà été reconnu à l'occasion d'études en cases lysimétriques (6), son utilisation pourra donc, sous réserve de confirmation ultérieure, être généralisée au Sénégal ; elle permettra d'extrapoler, pour des sols et des régimes pluviométriques différents, les résultats expérimentaux acquis à Bambey sur l'évapotranspiration, le mouvement des solutions dans le sol et le drainage.

Ceci nous paraît devoir avoir des répercussions importantes pour la fertilisation. Celle-ci, pour être rationnelle, devrait être fondée, en effet, non seulement sur la connaissance du sol et des exigences de la plante mais aussi sur le bilan minéral de chaque culture ou de chaque rotation. Ce bilan comporte, d'une part, les exportations de la culture, d'autre part, les pertes par drainage. Or si le premier élément peut être assez facilement connu, le second a échappé jusqu'à présent à toute appréciation sérieuse. C'est cette lacune qu'il sera maintenant possible de combler grâce à l'application judicieuse de la formule de Turc. Il sera toutefois nécessaire d'estimer également la composition chimique moyenne des eaux de drainage pour chiffrer les pertes d'éléments fertilisants par hectare.

Si l'on connaît la vitesse d'épuisement des réserves du sol et l'équilibre minéral de chaque culture ou de chaque rotation, il sera possible d'envisager une politique dynamique et non statique de la fertilisation.

Avec la faculté de suivre, pendant une saison humide, la « descente » dans le profil des éléments facilement lessivés — comme l'azote, la potasse, la chaux — il sera facile de déterminer les meilleures dates pour l'application de l'engrais : ainsi les plantes auront toujours une quantité suffisante d'éléments nutritifs à une profondeur accessible à leurs racines.

Ceci nous semble être la principale orientation des recherches consécutives à la présente étude.

**SUMMARY.** — This study completes the data acquired on water balance by means of experiments using a lysimeter.

The variations in humidity and capillarity have been periodically traced in two soils from fallow ground, up to two metres in depth, during the whole of one year.

The following have been calculated for each profile of the water distribution : the water supply of the soil at different depths, the quantity of water utilizable by plants, and the shortage due to retention. The variations of these values with time have made it possible to calculate the actual evapo-transpiration and to estimate the drainage volume in any one particular case.

It was possible to estimate the potential evapo-transpiration in the rainy season as well as in the dry season.

Various hypothesis have been examined to try to explain the outflow during the dry season ; some of them proved to be quite incapable to account for the various phenomena observed : this is particularly the case for the law relating to diffusion by capillarity, as expressed by HALLAIRE.

With the knowledge of this data it was possible to tackle different problems such as that of the preservation of the humidity of the soil and the problem of irrigation.

But, from the point of view of practical applications, probably the most important results of this study concern fertilization.

A comparison between experimental measurements and the theoretical data of TURC's formula for calculating evapo-transpiration did, indeed, show good agreement between the two series of results. The advantages of this formula having already been recognized during experiments using a lysimeter device (6), its use could thus, — if it is subsequently confirmed — be generally applied in Senegal ; it would make it possible to extrapolate the experimental results obtained at Bambey on evapo-transpiration, and the movement of solutions in the soil and drainage, for different soils and for different rainfalls.

It appears to us that this should have important consequences on fertilization. For the latter to be rational, it should, in fact, be based not only on a knowledge of the soil and the requirements of the plant but also on the mineral balance of each crop and each rotation.

This balance includes, on the one hand, the exports of the crop, and on the other, losses due to drainage. Now, if the first element can be fairly easily calculated, the second has, up until now, failed to be estimated seriously. It is now possible to make up for this lack by means of the judicious application of TURC's formula.

It would, however, also be necessary to estimate the average chemical composition of the drainage waters so as to be able to calculate the loss in fertilizing elements per hectare.

Knowledge of the speed of exhaustion of the soil reserves, and of the mineral balance of each crop and each rotation will make it possible to develop a plan for fertilization that is no longer static but dynamic.

Moreover, with the ability of being able to follow, during a rainy season, the « descent » in the profile of the easily leached, fertilizing elements — such as nitrogen, potassium, lime — it should be easy to determine the best period for applying manure so that the plants always have a sufficient quantity of nutritive elements, at a depth accessible to their roots.

In our opinion, the aims of experimental research that follows on to this study should mainly follow this course.

**RESUMEN.** — El estudio presente completa los informes relativos al balance hídrico obtenidos con una experimentación en lisímetros.

En dos terrenos baldíos estudiáronse periódicamente durante un año las variaciones de las humedades y de las tensiones capilares hasta dos metros de profundidad.

Para cada perfil hídrico evaluáronse : el agua almacenada a varias profundidades, la cantidad de agua aprovechable por la plantas, el déficit de retención. La variación de estos valores con el tiempo permitió calcular la evapotranspiración verdadera y, en un caso especial, el volumen de drenaje.

Se ha podido evaluar la evapotranspiración potencial en época lluviosa y en época seca.

Examináronse varias hipótesis para tratar de explicar el caudal durante la época seca. Algunas se revelaron netamente insuficientes para dar cuenta de los fenómenos observados, en particular la ley de difusión capilar elaborada por HALLAIRE.

Esto dados permitieron enfrentar varios problemas como el de la conservación de la humedad en el suelo y el de la irrigación.

Desde el punto de vista práctico, las consecuencias más importantes de este estudio se aplican en el campo de la fertilización.

Confrontando las medidas experimentales con los dados teóricos de la fórmula de Turc para evaluar la evapotranspiración, observóse una concordancia muy buena entre las dos series de resultados. Los estudios en lisímetros (6) permitieron verificar el interés de esta fórmula ; por eso puede generalizarse en el Senegal, con tal que sea confirmada ulteriormente. Permitirá extrapolar, para suelos y regímenes de lluvias diferentes, los resultados experimentales obtenidos en Bambey en lo que respecta a la evapotranspiración, el movimiento de las soluciones en el suelo y el drenaje.

Las consecuencias se repercutirán, a nuestro parecer, en el campo de la fertilización. Esta, para ser racional, debíase basar efectivamente, no sólo en el conocimiento del suelo y las necesidades de las plantas, sino también en el balance mineral de cada cultivo o de cada rotación. Este balance comporta, por una parte las exportaciones de los cultivos, por otra parte las pérdidas de drenaje. Ahora bien, si el primer elemento puede conocerse fácilmente, no se ha podido hasta hoy apreciar con seriedad el segundo. El problema puede resolverse con una aplicación juiciosa de la fórmula de Turc. Sin embargo será necesario estimar igualmente la composición química media de las aguas de drenaje para evaluar las pérdidas de fertilizantes por hectárea.

Conociendo la velocidad de agotamiento de las reservas del suelo y el balance mineral de cada cultivo o de cada rotación será posible contemplar una política dinámica y no estática de la fertilización.

Con la facultad de seguir, durante una estación húmeda, el « descenso » en el perfil de los elementos fácilmente lixiviados — como el nitrógeno, la potasa, la cal — será fácil determinar las fechas mejores para la aplicación de fertilizante : así las plantas tendrán siempre al alcance de las raíces una cantidad suficiente de elementos nutritivos.

A nuestro parecer ésta debe ser la principal orientación de las investigaciones consecutivas al estudio presente.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] P. BONFILS et J. FAURE. — Les sols de la région de Thiès. Annales du C R A, Bambey, 1956.
- [2] — — — Etude comparative des sols du C R A Bambey. Annales du C R A, Bambey, 1955.
- [3] PEREIRA GOMES et ANTUNES DA SILVA. — A curva teórica de  $pF$  e a sua importância na economia da água do solo. Estudos agronômicos (janvier-mars), 1960.
- [4] J. BOURALY et R. SABATHÉ. — Note sur un appareil de mesure de la perméabilité des sols. Direction des Travaux Publics de Tunisie (avril) 1955.
- [5] P. ROLLEY. — Irrigations. Baillière et fils éditeurs, Paris.
- [6] P. BONFILS, C. CHARREAU, M. MARA. — Etudes lysimétriques au Sénégal (A paraître dans les Annales du C R A, Bambey).

- [7] L. TURC. — Le bilan d'eau des sols : relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. Thèse. I N R A, 1953.
- [8] R. J. BOUCHET. — Evapotranspiration potentielle et évaporation sous abri. VI<sup>es</sup> journées de l'hydraulique, Nancy, 1960.
- [9] P. BILLAZ. — L'alimentation en eau de l'arachide dans les sols Dior du Sénégal. Rapport I R H O, 1959.
- [10] A. A. RODE. — Catégories et formes de l'eau du sol et les propriétés hydrologiques. Congrès de la Science du sol, Paris, 1956.
- [11] M. HALLAIRE. — Diffusion capillaire de l'eau dans le sol et répartition de l'humidité en profondeur sous sols nus et cultivés. Annales Agronomiques, série A (mars-avril), 1953.
- [12] M. HALLAIRE. — La diffusion de l'eau dans le sol sous les deux formes : liquide et vapeur au voisinage de la surface d'évaporation. Congrès de la Science du sol, Paris, 1956.
- [13] — — Le problème du potentiel de l'eau dans le sol et de la disponibilité de l'eau pour la végétation. Annales de Physiologie Végétale, n° 2, 1960.
- [14] — — Circulation de l'eau dans le sol sous l'effet de l'évapotranspiration. VI<sup>es</sup> journées de l'hydraulique, Nancy, 1960.
- [15] C. CHARREAU et P. VIDAL. — Influence du *Faidherbia albida* sur la fertilité du sol et la nutrition minérale du mil (A paraître dans les Annales du C R A, Bambeu).
- [16] C. CHARREAU et P. GAUDEFROY-DEMOMBYNES. — Possibilité de conservation de l'humidité dans les sols pendant la saison sèche ; influence corrélative sur le degré d'ameublissement du sol (A paraître dans les Annales du C R A, Bambeu).
- [17] P. VIDAL. — Croissance et nutrition minérale des mils (*Pennisetum*) cultivés au Sénégal (A paraître dans les Annales du C R A, Bambeu).



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE  
**ÉCOLE TECHNIQUE D'OUTRE-MER**  
 " École de la Communauté Française "

Assure en trois ans la formation technique et humaine des cadres moyens pour l'Agriculture, le Commerce et l'Industrie.  
 Concours d'admission fin juin et septembre. Aucun diplôme exigé. Études sanctionnées par un Brevet de Technicien.

Section préparatoire : Collège Moderne de CHATEAU-du-LOIR (Sarthe). Internat

Renseignements au Secrétariat de l'École : 1, rue Dumé-d'Aplémont, LE HAVRE. Tél. 42-73-16.

# RÉGÉNÉRATION ET MISE EN VALEUR DES SOLS DE TANETY (MADAGASCAR)

par

**J. CARRÉ**

Directeur de Recherches ORSTOM  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

## IMPORTANCE DES TANETY POUR L'ÉCONOMIE AGRICOLE

Tout d'abord quelques chiffres de statistiques pour préciser la situation, poser le problème et ainsi mieux attirer l'attention sur son énoncé.

La population de Madagascar dépasse actuellement les 5.400.000 habitants, avec 50 % d'enfants de moins de quinze ans qui, d'ici quelques quinze années, devront pouvoir trouver travail ou emploi leur assurant un niveau de vie décent. En effet, le taux d'accroissement de la population est voisin de 2,5 % soit un excédent annuel de quelques 125.000 bouches à nourrir présentement. On prévoit un doublement de la population d'ici une trentaine d'années.

Cette population est essentiellement rurale : 85 à 90 p. 100 soit environ 4.500.000 ruraux. On estime à quelques 800.000 le nombre des exploitations familiales.

L'agriculture est, et restera encore longtemps, le fondement de l'économie malgache.

Par ailleurs, sur une superficie totale de l'île de 59.000.000 d'hectares, on compte :

6.000.000 d'ha de forêts, soit un taux de boisement de 10 % seulement, au lieu de 25 à 30 % considéré comme nécessaire à un bon équilibre.

47.000.000 d'ha de savoka, savanes et « prairies », dont 36.000.000 d'ha dits « à vocation pastorale », permettant l'entretien précaire de quelques 6.000.000 de bovins (6 ha par tête), contre seulement 1.500.000 ha de cultures : dont 870.000 ha de rizières (150.000 ha de périmètres irrigués), 250.000 ha maniocs, 130.000 ha caféiers, etc...

Les ressources du Territoire sont essentiellement agricoles. Les produits du sol assurent, tant bien que mal, l'alimentation de la population (économie de subsistance) et 90 % des exportations dont cependant la valeur ne couvre qu'à 60 % celle des importations. La balance commerciale est constamment déficitaire.

Le revenu national est évalué à cent dix milliards, ce qui fait ressortir un revenu moyen annuel de 22.500 fr CFA par tête.

Madagascar doit donc entreprendre un effort considérable pour : améliorer le niveau de vie d'une population en pleine expansion, équilibrer sa balance des comptes et favoriser une épargne en vue des investissements et équipements qui sont une des bases du développement économique et social.

Mais ce développement économique sera surtout le fait d'une intensification des productions agricoles qui, seules, permettront la création d'industries de transformation, valorisant la matière première en offrant des produits locaux en substitution à ceux importés. L'accroissement du volume des échanges donc du commerce intérieur et extérieur s'en suivra.

Ce développement devient une nécessité urgente pour vaincre la crise dite de « surpopulation ».

Il convient donc de maintenir à la terre et d'y fixer la population, d'éviter de « dépayser » les jeunes. Il faut encadrer, donner vie, animer cette profession agricole, la plus importante et si digne d'intérêts.

Il convient d'accroître les rendements à l'unité de surface : il est possible de les doubler par :

un léger supplément de travail, des façons culturales plus rationnelles, l'utilisation de fumures et de matériel végétal sélectionné.

Il convient d'augmenter les superficies des rizières et ses rendements par des aménagements hydrauliques et par une exploitation intensive des réseaux.

Mais il convient aussi, et dans une très large mesure afin de satisfaire les besoins réels de cette population, de mettre en valeur et faire valoir des terres jusqu'à présent délaissées et abandonnées à « l'injure du temps ». Je veux parler de ces immenses superficies de tanety et plateaux, de savanes et terrains de parcours, dévolus aux troupeaux de bœufs : élevage extensif, régressif, antiéconomique et le plus souvent uniquement sentimental (quoique représentatif d'une épargne mais d'une épargne improductive) : en effet, il y a trop de bœufs adultes et trop âgés qui consomment sans profit et privent les vaches et les jeunes d'une herbe trop rare. Le croît est inférieur à 10 % contre 40 % en Europe.

Sur 47.000.000 d'ha de savoka, savanes et « prairies », on a déjà estimé à 36.000.000 d'ha la superficie dite « à vocation pastorale » et il est possible d'évaluer à 20.000.000 d'ha les superficies susceptibles d'être mises en valeur en vue de la création de quelques deux millions d'exploitations familiales, à faire valoir direct, associant étroitement un véritable élevage et une agriculture rationnelle.

Des enquêtes régionales dans tout le pays doivent permettre de préciser ces possibilités, les surfaces susceptibles d'être récupérées, d'en dresser un inventaire pour pouvoir établir un plan d'application par aires géographiques : il existe de telles terres du nord au sud et plus encore en ouest qu'à l'est. Il n'est même pas nécessaire, sur les plateaux où la densité de population est la plus élevée, d'aller bien loin des centres pour découvrir de grandes surfaces qui attendent « l'investissement en travail ».

Certes, ces terres sont, en grande majorité, dégradées et rendues plus ou moins stériles sous l'action néfaste des feux et des érosions consécutives. C'est ainsi que Madagascar a pu être dénommée l'Ile Rouge et que certains l'ont même comparée à une brique.

Cette stérilité est réelle car la terre manque de vie. Mais dès que, par divers moyens, on lui redonne vie, elle redevient dynamique, créatrice et productrice. Il suffit pour s'en convaincre et pour commencer à contrecarrer cette légende d'infécondité, de considérer les quelques réalisations qui en sont déjà la démonstration et la preuve.

Ainsi des « tanety », apparemment stériles et incultivables, offrent maintenant le spectacle, fort encourageant, d'exploitations vivantes et viables, parce qu'elles ont été régénérées et commencent d'être rationnellement exploitées.

Tous les techniciens, pédologues et agronomes, qui ont ainsi déjà abordé le problème de cette mise en valeur (Service de la Conservation et Restauration des Sols, le BDPA, sont d'accord pour préconiser :

- 1) la suppression des feux non contrôlés,
- 2) une infrastructure de dispositifs anti-érosifs pour lutter contre l'eau qui délave et entraîne,
- 3) la régénération du sol, notamment par un large emploi du fumier qui, le premier, permet, le plus rapidement, de redonner vie à ces sols stérilisés par le soleil et les feux qui brûlent, par le vent qui dessèche et disperse.

La fertilité tient à l'intensité de la vie du sol. En réalité, le cultivateur est avant tout, souvent à son insu, un cultivateur d'êtres infiniment petits et de divers auxiliaires souterrains, visibles ou invisibles : vers de terre, protozoaires, microbes et bactéries, champignons, algues, etc... Ce sont eux qui rendent un sol agricole parce que vivant et dynamique.

C'est pourquoi le **fumier** joue un rôle si fondamental car, outre ses propriétés fertilisantes par ses apports d'azote, phosphore, potasse, tout comme les engrais minéraux du commerce, il apporte matière organique et humus, qui conserve ou améliore la structure physique ; il apporte en outre un « cheptel microbien » qui va pouvoir se multiplier avec une rapidité étonnante et d'autant plus que le milieu lui sera favorable (température, lumière, air et eau).

C'est bien lui qui a fait, au cours de générations qui en avaient le souci, les riches terres de cultures de l'Europe.

Il se trouve malheureusement que les populations tropicales, et celles de Madagascar en particulier, en ignorent presque totalement la valeur, alors que, dans les pays tropicaux, la matière organique, l'humus du sol disparaît au contraire plus vite qu'en pays tempérés.

Cette valeur du fumier est considérable et il convient d'en donner une idée.

Une tonne de fumier, dont la composition moyenne peut être de 5 kg d'azote, 4 d'acide phosphorique et 6 de potasse, représente ainsi une valeur en ces éléments fertilisants, au prix des engrais minéraux du commerce : 110 fr le kg d'azote, 60 fr le kg d'acide phosphorique, 40 fr le kg de potasse, d'un peu plus de 1.000 fr la tonne.

Mais la valeur des oligoéléments et hormones, de la flore et faune (cheptel microbien), de la matière organique et de l'humus qui compose un véritable fumier, aurait une valeur triple\*, ce qui alors, et en réalité, met la tonne de fumier à 4.000 fr de valeur fertilisante totale.

La plupart des paysans malgaches se bornent à rassembler la nuit, et surtout par crainte de vols, leurs bêtes dans des parcs et ce, sans apports de litières, ce qui ne produit qu'un fumier dit de parc, très généralement délavé par les pluies et brûlé par le soleil : quantités et valeur fertilisante sont considérablement diminuées. Et encore ce fumier de parc n'est-il pas souvent utilisé !

Les quelques exploitations agricoles qui « font » du fumier, c'est-à-dire assurent un mélange de litières aux excréments et urines des animaux, n'obtiennent que quelques 4 à 5 tonnes par tête de bovins, ce qui est insuffisant.

En effet et pour ne citer qu'un exemple, il a été très possible, à la station d'Ambanja, de produire une moyenne de 12 tonnes de très bon fumier, par tête soit, annuellement, quarante fois le poids de la bête. Ailleurs et en poussant à la fabrication du fumier, on a pu atteindre 20 tonnes par tête de 300 kg. C'est uniquement une question de quantités de litières, de volume d'eau pour arroser et entretenir l'humidification de la masse à fermenter et évidemment d'un peu de travail et de soins. En bref, il n'est pas besoin d'un troupeau aussi important qu'on le croit généralement.

Par rapport à d'autres pays tropicaux, Madagascar est privilégié puisqu'il y vit un nombreux cheptel. La litière n'est généralement pas si rare : outre les diverses pailles, les déchets de récolte et le matériel végétal de tous ordres qui peuvent être utilisés, on peut ramasser au lieu de les brûler de grandes quantités de « bozaka » et herbes de savanes\*\*. Cela demeure un problème de transport, un travail qui pourrait occuper bien des journées d'inaction.

Mais faisons quelques additions et multiplications :

A l'extrême, 6.000.000 de bovins permettraient d'obtenir 60.000.000 de tonnes de fumier, d'une valeur de deux cent quarante milliards de francs.

Laissant à chacun le soin de soustraire et de diviser, le chiffre obtenu sera à mettre en parallèle : aux cent dix milliards du revenu national ou aux vingt milliards, montant du Budget général de 1961, aux seize milliards du volume des impôts directs et indirects, aux six à neuf milliards du déficit de la balance commerciale.

C'est dire, je pense, le manque à gagner de ce seul fait, le gaspillage de ressources naturelles qui devraient, au contraire, concourir à l'entretien du fonds organique du sol et par là à la prospérité générale. A ce gaspillage s'ajoute celui qui commence à être reconnu, dû aux feux, aux érosions. Ainsi s'accroît la perte de fertilité, ainsi diminue le potentiel de productivité du pays.

Il convient donc, en tout premier lieu, de travailler à réduire ces gaspillages et à régénérer une notable partie du sol national qui, lui, ne demande qu'à produire et à assurer l'existence.

Comme le disait LA FONTAINE, tant aux autorités qu'aux paysans français alors encore assez miséreux ... « c'est le fonds qui manque le moins ».

Mais revenons à nos « tanety ».

Il s'agit de récupérer, de régénérer, de mettre en valeur puis de faire valoir et non exploiter d'immenses superficies. Nous avons dit les trois points principaux déterminés et définis par les spécialistes : suppression des feux non contrôlés, infrastructure anti-érosive, régénération du sol permettant une production végétale. Ces trois principes peuvent au surplus se compléter et s'associer dans des réalisations.

Un tel processus peut être étalé, échelonné en fonction : des possibilités notamment financières de l'Etat et des particuliers, des moyens et méthodes à mettre en œuvre pour aller du simple au plus complexe, nécessitant plus ou moins de travail.

\* Les engrais de ferme, *Chambre d'Agriculture*. Analyse dans *L'Agronomie tropicale*, année 1955, n° 6, page 814.

\*\* On peut ramasser une moyenne de 5 tonnes à l'ha, ce qui assurera une bonne litière à trois têtes à l'étable. Divers sondages ont donné 3 à 7 tonnes.

## 1) SUPPRESSION DES FEUX NON CONTROLÉS

Ce procédé ne demande pas un travail mais seulement, et je sais que c'est déjà beaucoup, une compréhension et une volonté collective, d'éviter tout nouveau gaspillage.

D'autres, et notamment le Service de l'Elevage\*, ont démontré combien, pour entretenir et même permettre de mieux nourrir, et plus régulièrement, le cheptel actuel, il serait nécessaire de recourir aux seuls feux de contre saison, c'est-à-dire de saison des pluies.

Il me suffira ici de rappeler l'essentiel de ce qui a été dit et écrit à Madagascar.

S'il est nécessaire, par le feu, un mal inévitable, de favoriser et provoquer la repousse des Graminées, de détruire les vieilles herbes desséchées sans valeur, voire de débarrasser la « prairie » de nombre de parasites, il n'est point nécessaire de tout brûler à la fois et surtout à une époque, où le feu ne peut être contrôlé et devient alors un fléau du fait de sa rapide propagation. Au contraire, des mises à feux en saison des pluies, « à contre saison », peuvent être limitées aux besoins du moment. Par un échelonnement, une rotation en cours d'année sinon au cours de plusieurs années, on peut mieux satisfaire les besoins alimentaires du cheptel et cela de meilleure façon par suite de l'évolution de la flore, on peut étaler sur une plus longue période, estimée à deux mois, les temps de pâturage sur collines. Il n'est pas besoin d'incendier la totalité des parcours. Il en résulterait une meilleure exploitation de ces terres ; de grandes superficies seraient libérées de cette dépendance et deviendraient disponibles, libres.

Rappelons que ce procédé ne demande aucune mise de fonds ni aucun investissement, qu'il constitue déjà un facteur de conservation des sols, une amélioration de la productivité de la prairie en quantité et qualité.

Notons, pour appuyer la bienfaisance de ce procédé, l'étude de J. GUILLOTEAU, alors Directeur du Bureau interafricain des Sols et de l'Economie rurale, publiée dans le N° 3, (juillet) 1958, de la Revue « *La Terre et la Vie* », dont on trouvera un résumé substantiel dans le *Bulletin Agricole du Congo Belge* 1959 (juin) — on y rapporte les essais effectués sur ce sujet à Madagascar et notamment à la Station d'Ihosy.

L'emploi judicieux et conditionné du feu est du reste reconnu et mis en application notamment dans les Rhodésie, au Nyassaland, pour l'élevage extensif en ranching, tout comme aussi au Congo (ex Belge) et au Ruanda Urundi\*\*.

La rotation des feux entraîne une rotation du bétail sur les pâturages naturels ce qui approche du pâturage rationnel. On sait que le pâturage rationnel, rotatif est plus productif que le pâturage libre : il peut supporter une charge double\*\*\*. Un pâturage plus rationnel peut être aussi obtenu par le cloisonnement des pacages, ce qui demande déjà un investissement sous forme de clôtures, naturelles ou artificielles.

Le parage de nuit peut également, s'il y a rotation fréquente et régulière en fonction de la densité du bétail, provoquer une amélioration du sol et une modification de la flore naturelle.

D'autres méthodes, demandant plus de moyens et plus de travail, permettent aussi d'améliorer cette flore naturelle pour la rendre plus abondante et plus nourrissante, ce qui par incidence profite aussi au sol.

Il s'agit, à condition de mettre le pacage en défens et contre les feux et contre un pâturage précoce ou un surpâturage, d'effectuer un semis à la volée (et peut-être un jour par avion) ou bien en bandes ou bien par placeaux (seed camp) de plantes améliorantes, notamment de Légumineuses. Certaines connues pour leur intérêt comme engrais verts, plantes de couverture sont également et en même temps fourragères. Citons : *Centrosema*, *Cajanus*, *Mucuna*, *Stylosanthes*, cette dernière nous paraît d'un grand avenir pour améliorer les pacages naturels, d'après ce que nous savons de son comportement en terrain pauvre ou très pauvre tant sur la côte que sur les plateaux\*\*\*\*.

\* Les feux de contre-saison, leur rôle dans la conservation des sols et dans l'économie animale à Madagascar. METZGER, août 1953.

Les feux de prairie et l'élevage extensif à Madagascar. METZGER, nov, 1950.

\*\* L'élevage en Urundi. *Bulletin Agricole du Congo Belge* BCB 1960 (août). Monographie pastorale du Ruanda Urundi. BCB 1960 (juin). Aménagements et améliorations des pâturages du Bas-Congo BCB 1959 (avril).

\*\*\* Essais de charge des pâturages à Rubona. BCB 1958 (août), page 229.

\*\*\*\* Voir rapports annuels de la Station d'Ambanja. Essais du PK 204 et le document IRAM, n° 13.

Enfin, par des travaux mécaniques à l'aide de faucheuses, gyrobroyeurs ou rottary cutters, culticutters ou weed cutters, on peut améliorer le pâturage naturel par élimination des adventices, des refus du bétail, favoriser par un travail du sol l'aération et la pénétration de l'eau de pluie, régulariser les productions et aussi aider à la multiplication, à la dispersion des graines (de *Stylosanthes* par exemple).

L'utilisation de tels engins a donné d'excellents résultats dans les divers essais effectués au Congo (ex Belge) notamment\*.

## II) AMÉNAGEMENTS ANTIÉROSIFS

Dès que le terrain, à mettre en valeur présentera une légère pente, il sera judicieux et le plus souvent absolument indispensable de mettre en œuvre des dispositifs anti-érosifs.

Il revient aux pédologues tant de l'IRSM que de l'IRAM, et tout particulièrement au service de la Conservation des Sols (Défense et Restauration des Sols) d'avoir mis l'accent sur cette notion de lutte anti-érosive, d'avoir par leurs recherches et travaux mesuré les érosions, leurs effets, établi une carte des zones d'érosion.

Ce service Défense et Restauration des Sols\*\*, relevant du Service des Eaux et Forêts a publié deux documents précieux sur ces aménagements anti-érosifs par banquettes, gradins, sur l'établissement de tels réseaux, l'exécution détaillée des travaux, etc... suivant que les pentes sont inférieures ou supérieures à 12 %.

Il s'agit, essentiellement, d'intercepter et canaliser les eaux de ruissellement vers des exutoires, d'établir des fossés de protection dont les bourrelets seront fixés (enherbement ou plantes fourragères, notamment herbe à éléphant — Légumineuses arbustives, qui joueront également un rôle de brise-vents en constituant des haies) et évidemment d'assurer un entretien constant de ces ouvrages.

Ces dispositifs ne sont utiles et efficaces que s'ils sont appliqués sur des terrains, dont la vocation a été retenue (prospection, classes de sol) et si, en outre, les méthodes biologiques de conservation de la fertilité sont parallèlement mises en œuvre.

Des réalisations ont été faites qui ont prouvé et prouvent encore chaque jour la nécessité de cette infrastructure pour la conservation des sols, l'accroissement de la fertilité des terres, l'établissement d'exploitations agricoles. Tout le monde connaît maintenant les succès du BDPA en la matière : d'autres réalisations, à plus petite échelle certes, mais non moins démonstratives et prometteuses, sont effectuées ou en cours, en plusieurs points.

Le Service DRS a chiffré de 5 à 10.000 fr à l'ha le prix moyen de ces dispositifs anti-érosifs, qui peuvent être effectués, soit à l'aide de machines soit entièrement à la main.

Au passage, notons qu'une infrastructure d'hydraulique rizicole pour la mise en valeur d'un réseau revient à 150.000 fr l'ha (chiffre moyen donnant un ordre de grandeur).

En conséquence, on peut admettre qu'un même montant de capitaux permet la mise en « état de production » soit d'un hectare de rizières soit de vingt ha de tanety. Il faut toutefois remarquer qu'ainsi « équipé » l'hectare de rizières demandera peu de frais pour produire assez rapidement une récolte, tandis que l'hectare de tanety exigera un certain investissement supplémentaire et un plus long délai pour donner une récolte comparable, comme nous le verrons par la suite.

Il apparaît donc que ce problème de la lutte anti-érosive est résolu, que les techniques sont adaptées, qu'il ne reste que des mises au point de détails, notamment sur les méthodes de mise en valeur culturale.

Il convient donc d'intensifier les applications sur le terrain de ces infrastructures anti-érosives.

Madagascar suivrait en cela nombre d'autres pays tropicaux qui ont pris une nette avance : ils poursuivent les mêmes buts de récupération de terres, de mises en valeur en vue du développement économique et de la satisfaction des besoins de leur population.

\* Exploitation des pâturages à *Hyparrhenia* dans la région de Nioka. BCB 2/1960, page 49.  
Préparation. Entretien des pâturages naturels par voie mécanique. BCB 2/1956.

\*\* D. R. S. Documents 2 et 3 de (février) 1961.

### III) RÉGÉNÉRATION

Nous avons dit à quel point, en grande majorité, ces terrains de tanety sont dégradés et plus ou moins stérilisés.

Aussi, avant toute possibilité de cultures, il sera généralement indispensable de les régénérer, de leur rendre vie et dynamisme.

Cette régénération s'effectuera dans les meilleures conditions et le plus rapidement, avec une fumure organique : fumier, puis, plus lentement, par le préalable de cultures de plantes engrais verts, de Légumineuses arbustives ou bien par l'établissement de prairies. L'emploi d'engrais minéraux ne peut dans chaque cas n'intervenir qu'à titre complémentaire.

#### A) Avec fumier

A la suite de nombreux essais, de l'avis unanime des techniciens, la meilleure régénération, la plus certaine et la plus rapide est sans conteste une fumure organique de base, au fumier. D'où la nécessité de vouloir et savoir en faire et d'en faire un tonnage maximum. D'autant que cette première fumure devra être de l'ordre de 25 à 30 tonnes/ha et qu'elle devra être renouvelée périodiquement, durant quelques années : pour assurer une bonne structure physique, une fertilisation chimique et microbienne et permettre une productivité satisfaisante.

Les 30 tonnes/ha de fumier représentent un investissement important de plus de 30.000 fr à l'ha, auxquels viennent s'ajouter les frais de chargement, transport donc d'équipement en moyens et en chemins, d'épandage et d'enfouissement par un labour.

Il faut donc déjà disposer d'un capital : notre attaque des tanety sera œuvre de volonté persévérante et demandera des années d'efforts soutenus. Le succès est à ce prix.

#### B) Avec engrais minéraux seuls

Tous les essais de fertilisation par les seuls engrais minéraux ont démontré que cette technique ne pouvait donner de résultats appréciables ou valables, même en augmentant deux, trois ou quatre fois les doses, ce qui rendrait au surplus l'opération non rentable, même à la longue.

Dans des terres qui n'ont ni structure, ni complexe absorbant, à peu près totalement dépourvues de matières organiques, les engrais minéraux sont pratiquement inutilisés par les plantes cultivées, ils sont inefficaces.

#### C) Avec fumures organiques et minérales

Par contre, dès qu'il y a quelques apports de matières organiques (fumier, compost ou matériel végétal enfoui), les fumures minérales pourront marquer. Des essais\* ont permis de décélérer ainsi de façon extrêmement nette et convaincante, la nécessité des « traitements avec fumier ».

#### D) Sans fumier ou engrais minéraux

La phase de régénération sera bien plus longue mais demeure possible.

Rappelons les améliorations déjà signalées :

a) Par l'utilisation d'appareils mécaniques qui viendront effectuer un travail du sol (aération, pénétration de l'eau, nettoyage).

b) Par des semis à la volée ou en poquets ou bien en bandes, de plantes améliorantes qui couvriront le sol, le protégeront, le fixeront, leurs racines effectuant, elles, un travail en profondeur. On peut ainsi, avons-nous dit, transformer la végétation naturelle qui forme le parcours : accroissement du tonnage, de la qualité, de la durée du pacage.

Après quelques années, de tels terrains pourront être labourés et entrer dans le cycle cultural.

\* Divers essais de M. ROCHE, pédologue de l'IRAM, au lac Alaotra, Ambatode — Mahitsy — Sakay.

### E) Par culture d'engrais verts et de plantes lignifiées

D'autre part, il est possible de labourer directement nos « courbes de niveau » et de les régénérer par une succession de cultures engrais verts. Il y a mieux à notre avis : par un semis de Légumineuses pérennes, semi-dressées et arbustives, on obtiendra en deux, trois ou quatre ans, un tonnage important de matériel végétal plus ou moins ligneux à enfouir, matière organique de qualité parce que riche en cellulose et lignine, bien supérieure à la seule matière verte des engrais verts.

Les pédologues et agronomes ont en effet été généralement déçus, en définitive, quant aux cultures de plantes engrais verts, annuelles, trop saisonnières et pauvres en lignine.

Par contre, il semble certain que le « reboisement » durant quelques années à l'aide de Légumineuses à port dressé telles que *Crotalaria*, *Tephrosia*, *Flemingia* et *Cajanus*, reconstituent mieux le stock humus.

Leur système racinaire plus important effectue un travail de pénétration et division du sol et remonte en surface des éléments enfouis en profondeur. Il faut prévoir une forte densité du semis pour obtenir une couverture serrée du sol.

Le tonnage de matières végétales laissé sur place et à enfouir en fin de « cure », sera accru par des recépages annuels ou bisannuels\*, favorisant en outre un développement des racines qui reconstituent, elles aussi, le stock humus.

### F) Engrais verts « ligneux », avec engrais minéraux

En certains cas, dès qu'une plante engrais vert ou mieux engrais « ligneux » pourra s'installer, il sera généralement fort intéressant de faciliter son développement et accroître tant le volume que la qualité du matériel végétal à enfouir, par des fumures minérales, surtout à base d'acide phosphorique et potasse.

La question mérite encore, néanmoins, d'être étudiée.

## IV) MISES EN CULTURES ET FAIRE VALOIR

Afin d'appuyer l'action des dispositifs anti-érosifs, les sous-solages, labours et façons culturales plus superficielles seront toujours effectués parallèlement aux courbes de niveau.

Le fumier sera toujours enfoui.

On évitera un travail trop poussé du sol afin de ne pas réduire sa structure, mais, au contraire, maintenir sa cohésion, en évitant terre soufflée, trop affinée, prenant un aspect poussiéreux. On évitera de laisser le sol nu, même en saison sèche.

Il sera nécessaire d'adopter un assolement tel que, par les rotations culturales, la succession des cultures contribue au maintien de la structure physique, du stock humus et de l'approvisionnement en eau.

Il faut dire ici l'importance, la valeur d'une sole en prairies semi-permanentes ou temporaires (ley farming) pour lutter contre les érosions et refaire la structure du sol.

Il y aura intérêt à effectuer les cultures en bandes alternées.

Il faudra veiller avec grand soin à l'entretien des dispositifs anti-érosifs : haies, fossés, canaux d'évacuation.

Ces divers systèmes de régénération, mise en valeur et faire valoir, par assolements adaptés au milieu, demandent à être étudiés et mis au point pour assurer un bon équilibre de l'exploitation entre :

- besoins alimentaires familiaux ;
- vente de produits devant satisfaire les marchés (débouchés) et permettre les échanges commerciaux ;
- alimentation rationnelle du bétail ;
- productions végétales pour les productions animales (viande — lait et produits laitiers — fumier).

\* Document IRAM, n° 13.

## V) PRINCIPALES CULTURES POSSIBLES. MATÉRIEL VÉGÉTAL A UTILISER

Citons seulement :

1) Pour satisfaire les besoins alimentaires, l'approvisionnement des marchés et des industries de transformation : maniocs, maïs, arachides, patates, haricots et pois, pommes de terre, tabacs, cultures maraîchères et fruitières.

Ces cultures, la plupart très connues, sont l'objet des travaux de recherches visant à accroître leurs extensions, leurs rendements et leurs qualités.

2) Pour une alimentation rationnelle du bétail.

a) à l'étable.

En tout premier lieu, les *Pennisetum purpureum* ou elephant grass. Nous avons plusieurs variétés : Merkeri, de Yangambi, auxquelles viendront s'ajouter les *Tripsacum laxum* (Guatemala grass), qui ont donné de si bons résultats en Côte d'Ivoire. On peut leur associer une Légumineuse : les *Pueraria*, principalement, le pois mascate.

L'elephant grass peut être planté sur le bord supérieur du fossé anti-érosif : il tient ainsi le sol de la courbe de niveau et profite des fumures pour donner une très appréciable production.

Elephant grass semble être le plus productif et donner l'unité fourragère au meilleur prix.

Le maïs fourrage, demandant le plus généralement l'ensilage pour stockage d'importantes réserves ainsi que le téosinthe (*Euchlaena mexicana*) associés ou non à *Mucuna*.

Les avoines, vesces, voehms, le pois mascate, les ambériques, le soja, les trèfles, les melilots peuvent produire du fourrage vert, venant heureusement compléter des rations de foin, racines et provendes. Certaines cultures sont possibles en outre, en saison sèche, en contre saison, dans la rizière.

Les tiges et feuilles de patates.

Les racines telles que patates, maniocs doux.

Les foins des prairies de fauche composées de Graminées : *Melinis*, *Chloris*, *Cenchrus*, *Setaria*, *Brachiaria*, teff, herbe de Para notamment qui peuvent être associées à des Légumineuses telles que *Centrosema*, *Glycine javanica*, *Stylosanthes*.

Ces prairies de fauche sont encore très rares.

Les pailles de riz, d'arachides, de diverses Légumineuses sont aussi de bons fourrages, si elles sont bien conservées.

Les provendes à base de manioc, maïs, sons et farines diverses, complétées de sels minéraux.

Ces ressources fourragères sont déjà plus ou moins connues, cultivées et utilisées dans les centres d'élevage ou stations, chez quelques particuliers, notamment pour l'alimentation de vaches laitières.

b) sur le terrain.

Dans la très grande majorité des cas, aussi pour sa santé, le bovin devra « récolter » lui-même le fourrage produit par des prairies permanentes, naturelles, améliorées ou non, par des prairies semi-permanentes (cinq à dix ans) ou temporaires (moins de cinq ans).

La prairie naturelle est surtout composée de Graminées, dont la flore a été étudiée\* par le Service de l'Élevage ; inventaire et études sont poursuivis par le Service d'Agrostologie de l'IRSM. On y trouve aussi quelques Légumineuses.

Certaines d'entre elles peuvent présenter un grand intérêt du fait de leur adaptation aux milieux locaux. Il faudrait constituer des jardins agrostologiques pour étudier plus à fond les bases physiologiques de cette adaptation, les différences d'ordre génétique et végétatif entre les espèces et les variétés, leurs réactions propres aux divers traitements (broutement, fauchage, engrais, par exemple) leur système racinaire, les cycles de croissance, la production des semences.

Des introductions ont été faites, d'autres sont à faire ou à reprendre, dans des conditions satisfaisantes pour les études.

\* Les pâturages par A. GILLARD. Fianarantsoa, 1953 (octobre).

Le champ d'action de la recherche est là très vaste et, jusqu'à présent, il n'a pas été abordé avec cohésion et ensemble. Aussi, serait-il utile, voire nécessaire qu'une station spécialisée soit créée pour toutes ces plantes, tout comme on l'a fait pour les principales cultures.

En effet « l'herbe » des pâturages est un matériel végétal, qui exige aussi de profondes connaissances. Son exploitation bien conduite peut donner des résultats comparables, voire supérieurs, aux cultures de labour. Elle est d'autant plus compliquée qu'elle a pour but un complexe, le complexe « bovin-pâture », la « rencontre » de l'herbe et du bovin qui doit la « récolter »\*.

Citons rapidement les principales plantes fourragères pouvant entrer dans la composition d'une prairie naturelle améliorée, des prairies semi-permanentes et temporaires et dont on a, de façon à peu près certaine, l'assurance qu'elles donneront satisfaction.

Parmi les Graminées : *Melinis* qui semble la moins exigeante, la plus plastique, le *Chloris*, la *Setaria sphacelata*, des *Eragrostis* ; l'herbe de Para en situation plus fraîche et fertile, les *Brachiaria*, *ruziziensis* et *Brizantha*, des *Paspalum* et *Panicum*.

Parmi les Légumineuses : *Glycine javanica*, *Centrosema* et *Calopogonium*, le *Stylosanthes*, certaines trèfles et le *Pueraria* en situations particulières, des *Desmodiums*, etc...

Des associations Graminées-Légumineuses sont possibles et souhaitables. D'ores et déjà, on peut préconiser : *Melinis*, *Chloris*, *Setaria*, *Brachiaria* avec *Stylosanthes*, *Glycine* ou *Centrosema*, *Paspalum*, *Setaria* avec kudzu.

Cette rapide énumération des principales plantes fourragères susceptibles d'être utilisées pour une alimentation rationnelle du bétail fait ressortir déjà un grand choix et de nombreuses possibilités.

Dans une étude ultérieure, plus technique et complète, les modalités d'emploi : semis ou plantations, entretiens, modes d'exploitation, rendements et valeur fourragère seront définies avec détails.

Il sera tenu compte des observations et résultats déjà obtenus dans les Stations de la Recherche Agronomique, du Service de l'Elevage, dans les Centres d'essais du Service de Défense et Restauration des Sols, sur certains Secteurs de Paysannat et chez quelques particuliers.

Enfin, sera rassemblée, sur ce vaste sujet, la documentation publiée à la suite de nombreux travaux étrangers.

Nous pensons avoir ainsi mis l'accent sur les possibilités de régénération et mise en valeur d'une très notable partie des superficies actuellement à l'abandon quasi-total, notamment par l'intermédiaire de la prairie.

Cette « réserve » de terres libres doit permettre la « création d'emploi » pour les jeunes générations, surtout rurales et doit contribuer efficacement au développement économique. Ces terres pourront entrer dans le circuit des terres « cultivées ».

Si cette note a permis de montrer l'aspect technique du programme, d'autres problèmes se posent parallèlement pour son exécution : problème foncier, des routes et chemins, implantation de villages ou de fermes avec des points d'eau, problème aussi de migrations internes de population comme celui de l'encadrement et de la formation de ces futurs paysans afin d'aboutir à une structure rationnelle des exploitations agricoles au point de vue agronomique, économique et social.

Ainsi donc se trouve posée la nécessité d'une action concertée des Autorités et de divers services techniques, qui ont par ailleurs encore besoin de larges moyens de recherches et d'études, pour les productions fourragères en particulier.

10 mai 1961

**RÉSUMÉ.** — L'auteur s'élève contre la notion de terres stériles et dégradées non récupérables et s'attache à démontrer que les « tanety » de la Grande Ile sont en partie récupérables au bénéfice de l'économie agricole de Madagascar. Trois actions sont à entreprendre :

Suppression des feux non contrôlés.

Aménagements anti-érosifs.

Régénération par l'utilisation des fumures organiques et minérales.

Il donne ensuite quelques aperçus concernant la mise en culture de ces tanety régénérées et les cultures possibles ; il met l'accent sur la possibilité de réserver ces sols à l'alimentation du bétail aussi bien à l'étable que sur le terrain.

\* La productivité de l'herbe. VOISIN (Document IRAM N° 15). Ecologie dynamique des herbages. VOISIN.

*Cette note technique est surtout destinée à attirer l'attention des agronomes sur un problème, dont la gravité ne peut échapper aux gouvernants malgaches, sans que, pour autant, tous les aspects techniques et économiques soient abordés en détail.*

**SUMMARY.** — *The author protests against the idea of there being sterile or degraded land that is not recoverable and applies himself to the task of proving that the « tanety » of the Large Island are partly recoverable, to the benefit of the agricultural economy of Madagascar. Three types of action may be undertaken :*

*Suppression of non controlled fires.*

*Arrangements against erosion.*

*Regeneration by means of organic and inorganic dressing of the land.*

*He then gives a general outline of the cultivation of these regenerated « tanety », and the various possible crops ; he particularly emphasizes the possibility of reserving these lands for cattle rearing, both in the stable as well as for grazing ground.*

*These technical notes are particularly destined to attract the attention of agricultural experts towards a problem, the seriousness of which must certainly not escape the notice of the Government of Madagascar, without, however, dealing with all the economic and technical aspects in detail.*

**RESUMEN.** — *El Autor protesta contra la noción de tierras estériles y degradadas que no pueden restaurarse y trata de mostrar que los « tanety » de Madagascar son en parte recuperables, lo que es interesante para la economía agrícola de Madagascar. Es preciso emprender tres acciones :*

*supresión de los fuegos no controlados*

*obras antierosivas*

*regeneración con fertilizantes orgánicos y minerales.*

*Después da algunas apreciaciones en lo que respecta a la labranza de los « tanety » regenerados y menciona algunos cultivos posibles. Insiste en la posibilidad de reservar estos suelos para la cría del ganado en el establo o en el campo.*

*Destinase esta técnica sobre todo a los agrónomos. Trátase efectivamente de un problema grave que los gobernantes malgaches no deben ignorar. No se ha pretendido aquí estudiar detalladamente todos los aspectos técnicos y económicos del asunto.*

## MÉTÉOROLOGIE AGRICOLE

Références d'achats de services officiels sur demande

Établissements CERF

20, QUAI DE LA MÉGISSERIE, PARIS (1<sup>er</sup>)

Expéditions France et Communauté française

Téléphone : Gut 54-42



## COMPTE RENDU DE LA DEUXIÈME RÉUNION DU COMITÉ INTERAFRICAIN DE LA MÉCANISATION AGRICOLE

(Ségou, 10-15 avril 1961)

par

G. LABROUSSE

Directeur de Recherches ORSTOM  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

Sur l'invitation du Gouvernement du Mali, certains pays membres de la Commission de Coopération Technique en Afrique (CCTA) au sud du Sahara ont délégué des représentants à la deuxième réunion du Comité Interafricain de la Mécanisation Agricole, qui s'est tenue à Ségou du 10 au 15 avril 1961.

Nous nous proposons ci-dessous de faire un bref historique sur les événements ayant précédé cette réunion, avant d'aborder les conditions dans lesquelles s'instaura la Conférence, puis de traiter du déroulement de ses travaux, qui intéressèrent des questions tant techniques, d'information et de recherche... qu'administratives concernant les actions spéciales à promouvoir au sein de la CCTA et pour lesquelles des recommandations ont été formulées, enfin, de tirer des conclusions.

\* \* \*

### HISTORIQUE

C'est à Entebbé, lors de la Conférence sur la Mécanisation de l'Agriculture Tropicale (juin 1955), que les pays membres de la CCTA, compte tenu de l'importance que présente le machinisme pour le développement de l'agriculture en Afrique, formulèrent les vœux d'échanger des renseignements sur le développement des opérations de mécanisation agricole menées par chacun d'eux et, pour ce faire, d'installer un Comité spécialisé au sein de la CCTA.

Après approbation de ces vœux, lors de sessions plénières de la CCTA, des réunions d'experts eurent lieu d'abord à Londres, puis à Silsoe, siège du National Institute of Agricultural Engineering (NIAE). Il fut proposé : que le Secrétariat Général technique du Comité Interafricain de la Méca-

nisation Agricole soit assuré par un fonctionnaire spécialisé du Royaume-Uni, qu'un Bulletin de Liaison international soit publié, que des échanges de renseignements aient lieu, que des réunions périodiques soient prévues, au cours desquelles le point serait fait sur les développements des actions, l'amorce de projets conjoints serait envisagée, etc... Ces propositions furent approuvées en session plénière ; malheureusement le Secrétaire Général désigné se démit de ses fonctions et, de 1957 à 1959, aucune réunion ne put avoir lieu.

En juillet de cette année là, M. GARRARD, Commonwealth Liaison Officer auprès du NIAE, ayant été agréé comme Secrétaire Général du Comité ad hoc, la première réunion put se tenir, sous la présidence d'un représentant de la République et de la Communauté françaises. A cette occasion, après qu'une mise au point sur l'évolution des questions de mécanisation agricole depuis Entebbé ait été faite par chaque délégation, des dispositions pratiques furent proposées pour la : publication du Bulletin international, les missions en Afrique du Secrétaire Général, les liaisons avec les autres Commissions ou Comités de la CCTA, la désignation de Correspondants régionaux et centraux, la date et le lieu de la prochaine réunion du Comité (vers fin 1960 en Afrique), de préférence à proximité d'opérations importantes de mécanisation agricole qui seraient visitées ; l'étude d'un système uniforme d'essais et de projets conjoints étant remise à une date ultérieure.

Depuis cette époque nous avons eu l'occasion d'entretenir le contact tant avec le Secrétaire Général qu'avec les dix pays ayant bien voulu accepter notre désignation comme Correspondant central en matière de mécanisation agricole tropicale et pour les liaisons avec le Comité ad hoc de la CCTA. Nos interventions vis-à-vis de ces pays avaient eu pour

but, en dehors de notre vocation générale d'informateur spécialisé, essentiellement, d'une part, de les amener à désigner des Correspondants locaux, d'autre part, d'obtenir que soit fournie au Secrétaire Général la matière susceptible d'être utilisée par ce dernier dans le Bulletin international, pour la publication duquel un crédit avait été obtenu de la CCTA. Dans ces deux domaines certaines difficultés se sont fait jour ; toutefois en 1960, nous étions parvenus à rassembler une assez volumineuse documentation, que nous eûmes le plaisir de retrouver dans le premier Bulletin, rédigé en langue anglaise, qui nous parvint en février 1961.

Dernièrement nous eûmes à intervenir plusieurs fois afin que l'invitation formulée par la République du Mali, aux fins de réunir le Comité à Bamako, ne conduisit pas à des difficultés, compte tenu de la réunion du Congrès International Technique du Machinisme Agricole (CITMA) devant se tenir à Paris au début 1961. C'est ainsi que ce dernier se déroula, comme prévu, du 2 au 7 mars, nous avons eu l'occasion de rendre compte de son développement, et que le deuxième Comité Inter-africain de la Mécanisation Agricole vient de tenir ses assises à Ségou.

### GÉNÉRALITÉS

Par une température assez soudanienne, une vingtaine de personnes représentant : sept pays, quatre organisations professionnelles et internationale, ainsi que la CCTA, se sont réunies à Ségou le 10 avril, à proximité de la Direction Générale de l'Office du Niger (ON). Les travaux se sont poursuivis, sous la présidence très qualifiée du Secrétaire d'Etat à l'Agriculture et du Directeur de l'Institut d'Economie Rurale du Mali, pendant cinq jours, le jeudi ayant été consacré à la visite de certaines installations de l'ON.

Plusieurs constatations peuvent être faites en ce qui concerne, d'une part, le nombre de pays représentés, d'autre part, la participation d'observateurs relativement nombreux, ensuite, le « climat » ayant présidé aux travaux.

Pour ce qui est du nombre de pays représentés on ne peut que regretter, d'une part, la faible participation, d'autre part, le peu de communications qui furent portées à la connaissance des délégués.

Pour les pays de langue anglaise, seules la Nigeria et l'Afrique du Sud envoyèrent des représentants.

En ce qui concerne ceux de langue française, outre le Mali, puissance invitante, la Haute-Volta, la Côte d'Ivoire et la France étaient représentées.

Le Portugal avait envoyé un délégué de l'Angola.

Nous n'avons pas qualité pour apprécier les raisons, qui ont fait que moins de cinquante pour cent des pays adhérant à la CCTA participèrent aux travaux mais nous croyons, au moins en ce qui concerne les pays francophones, que la proximité de la réunion du CITMA, ayant eu pour but, rappelons-le, « la contribution du machinisme agricole au relèvement de la condition humaine, et particulièrement, à l'aide aux pays en voie de développement », n'avait pas été favorable à leur venue à la réunion de Ségou. Nous avions enregistré des doléances, à l'occasion de notre sollicitation de fourniture de documents, sur les difficultés que présentaient une telle fourniture et le déplacement à Ségou presque immédiatement après le colloque de Paris.

En conséquence nous n'avons pas été trop surpris de constater que les communications présentées émanaient de pays n'ayant pas eu la possibilité d'en fournir au CITMA.

En ce qui concerne les organisations internationales et professionnelles nous avons enregistré avec plaisir la présence d'un représentant qualifié de la Food and Agricultural Organisation (FAO). Celle-ci, ainsi qu'il était prévisible, envoya à Ségou un autre représentant que celui venu à Paris. Il est vrai qu'elle dispose, à Rome, de plusieurs spécialistes de la mécanisation agricole. Mais nous ne saurions trop insister sur la présence des observateurs envoyés par le Landmaschinen Institut (Université de Goettingen, Allemagne), l'Union Nationale des Constructeurs de Machines Agricoles et Fiat (Italie), le Syndicat Général des Constructeurs de Tracteurs et de Machines Agricoles (France), s'il se révèle là l'intention de diverses Organisations d'intervenir pour apporter, chacun dans son domaine et avec ses moyens, l'assistance technique spécialisée, dont ont besoin les pays africains en cours de développement pour mécaniser leur agriculture, il faut aussi penser que les Unions ou Syndicats en cause prévoient que l'avenir, plus ou moins immédiat, est susceptible de leur apporter des acheteurs nouveaux de matériels, au moment où les agriculteurs de leurs pays d'origine n'auront plus qu'à assurer le renouvellement d'un parc parvenu à saturation.

Pour ce qui est du « climat » ayant présidé au déroulement des travaux, on peut dire qu'il ne fut pas particulièrement favorable à la motorisation des opérations culturales et que de nombreuses interventions ont eu pour but de prôner le développement de la culture attelée ; ceci intéressant spécialement l'intervention de la mécanisation dans les exploitations de type traditionnel ; en effet il ne fut pas question, sauf pour un aspect développé pour l'Afrique du Sud, des exploitations de type européen. On peut dire aussi que, nonobstant un désir sincère de coopération, des désirs spéciaux, pouvant aller contre celle-là, se manifestèrent parfois ; par exemple, en ce qui concerne les échanges de vue sur la formation. Nous regrettons que certaines prises de position n'aient pas été suffisamment étayées pour amener les discussions substantielles devant avoir lieu dans une réunion de techniciens au cours de laquelle tous les aspects des problèmes doivent être abordés avant que des conclusions valables puissent être dégagées.

### DÉROULEMENT DES TRAVAUX

Ainsi que nous l'avons indiqué, ils portèrent sur des questions générales ou particulières techniques et sur les aspects administratifs dominant les actions à conduire au sein de l'organisme spécialisé de la CCTA.

### QUESTIONS TECHNIQUES

Successivement furent abordées, sur un plan général : la motorisation, la culture attelée, l'éducation et la formation spécialisées, la recherche des matériels satisfaisants, et, sur un plan plus particulier, les opérations mécanisées susceptibles d'accroître et d'améliorer la production du riz.

Initialement, à l'occasion de l'examen de communications ayant plus ou moins pour but de faire le point sur certaines actions entreprises, la **motorisation** fut mise en cause. A ce sujet il est nécessaire de préciser que si des documents furent commentés, faisant état de mauvais résultats obtenus, particulièrement en zone semi-aride, dans les « opérations »

mettant en œuvre la motorisation, après discussion il fut reconnu :

que les expériences citées ne pouvaient condamner que la motorisation mal appliquée,

que cette dernière ne doit intervenir que pour les cultures riches, ou lorsqu'on a amélioré toutes les conditions permettant d'accroître les rendements des autres cultures,

qu'il faut s'entourer de précautions pour la lancer et ne recourir à elle que là où c'est indispensable,

qu'il convient de bien étudier les différents aspects technique, économique et social, à prendre en considération dans le cadre d'une action déterminée.

Sur un plan plus technique, plusieurs délégués firent état d'un équipement motorisé disparate et de l'insuffisance des études du prix de revient des opérations. L'accord se fit sur la nécessité d'employer des engins bien adaptés, ce qui suppose que des essais doivent être conduits après que seront dégagés nettement les critères caractérisant les conditions locales.

Compte tenu de cela et pour les mêmes régions, l'accent fut mis sur l'opportunité de développer la **culture attelée**. Mais les expériences dont il a été fait état ne sont pas entièrement satisfaisantes. De nombreuses questions se posent. Tout d'abord celle des animaux de trait. Les bovins sont, incontestablement, ceux qui peuvent donner le plus satisfaction ; toutefois, si la question de leur dressage est facilement résolue, ils ne sont pas toujours disponibles en nombre suffisant pour les agriculteurs. Le cheval est souvent considéré comme un animal noble. Mais on admet, plus ou moins rapidement, l'opportunité de l'utiliser pour tracter certains matériels. Des essais assez satisfaisants ont été réalisés avec les ânes, attelés en flèche, ne développant malgré cela que peu d'effort de traction. Mais pour ces différents « tracteurs » il n'existe pas encore suffisamment d'engins adaptés aux possibilités de traction, aux travaux à effectuer et... aux bourses des agriculteurs. Par ailleurs la culture attelée doit être le moyen de rénover les méthodes de culture traditionnelle, en appliquant le mixed-farming. Mais là on se heurte à des coutumes ancestrales et, si des habitudes se créent, il y a encore toute une éducation à dispenser pour que l'alimentation, les soins désirables, soient accordés aux animaux et que le fumier soit, d'une part, produit dans de bonnes conditions, d'autre part, transporté sur les champs, enfin, enfoui de la meilleure façon possible. Il convient d'ailleurs de ne pas transposer directement des méthodes de culture attelée appliquées depuis longtemps dans les régions tempérées ; l'expérience des « fermes pilotes », nécessitant souvent une mise de fonds importante et un changement radical de la conduite des spéculations agricoles, l'a bien montré.

Il reste que les matériels pris individuellement, par exemple au Mali la charrue, la houe, la charrette, ne permettent pas de façon aussi complète qu'il serait désirable d'assurer l'éducation spécialisée des agriculteurs ne disposant pas ainsi de tous les engins, dont ils auraient besoin. Plutôt que de compléter le parc individuel avec d'autres engins, certains techniciens prônent l'utilisation de porte-outils polyvalents. Mais, là encore, on se heurte à de sérieuses difficultés d'adaptation précise aux conditions locales et de financement initial relativement important.

Nonobstant ces diverses préoccupations, les délégués rassemblés ont été d'accord sur la nécessité de pousser les expériences en ce domaine et d'inviter les constructeurs spécialisés à se pencher sur les

problèmes que pose l'adaptation aux conditions locales du matériel ad hoc. Un exemple doit être cité : la charrette, qui psychologiquement s'introduit facilement, car elle donne satisfaction aux besoins de transport des personnes et des produits. Elle doit être un élément du développement rationnel du mixed-farming, puisqu'elle permet le transport de paille et de nourriture des animaux vers les étables, ainsi que celui du fumier vers les champs, en même temps qu'elle entretient toute l'année les animaux en état de dressage satisfaisant. Malheureusement les modèles importés sont souvent trop coûteux, ce qui conduit à des fabrications locales, plus ou moins artisanales, à l'aide de trains de roues importés, dont le moins qu'on puisse dire est qu'elles sont trop lourdes comparativement à leur charge utile et aux possibilités de traction des animaux, pas toujours très résistantes ni bien adaptées aux conditions d'utilisation, tout en étant relativement coûteuses. Il semble, à condition que les désirs soient bien exprimés par les conseillers des utilisateurs et de façon concertée entre différentes régions, que les constructeurs spécialisés pourraient trouver là des débouchés importants, en mettant sur le marché des engins légers, solides et peu coûteux. Une enquête, menée par le NIAE, pour l'Est Africain de langue anglaise, paraît avoir conclu dans ce sens. La question est d'importance car, l'idée de la primauté de l'utilisation de la charrette pour le développement rationnel de la culture attelée se dégage.

Encore que ce qui suit puisse être interprété différemment, on ne peut passer sous silence une tentative de la FAO pour fournir, à certains pays d'Afrique tropicale, des modèles d'engins de culture attelée simples et facilement réalisables par les artisans de village, tout en étant susceptibles de donner satisfaction aux utilisateurs. Il paraît que le but de cette initiative n'a pas été compris, et que les destinataires des prototypes en cause ne les ont pas utilisés. En conséquence, nous pouvons tirer de cet échec la confirmation de l'impression que les matériels d'importation solides, simples, peu coûteux et bien adaptés sont désirés.

Une idée a été avancée, consistant à chercher à connaître les moyens financiers dont peut disposer l'agriculteur, pris individuellement, de façon à orienter les constructeurs sur la fabrication d'engins répondant à ce critère. Cette façon d'aborder le problème est très séduisante ; malheureusement, les problèmes techniques à résoudre sont souvent très différents selon les pays et, en conséquence, les matériels nécessaires varient, ce qui conduit obligatoirement à des fournitures variables en prix. Il reste que, pour certaines régions comparables, un effort devrait être tenté dans ce sens, qui permettrait aux fournisseurs de matériels de serrer de plus près une des conditions de développement du marché.

En fait, à Ségou, on est arrivé à ce problème qui figure déjà dans les conclusions des travaux du CITMA : le **financement** initial des achats. La solution qui consiste, à peu près partout, à recourir au crédit agricole, ne paraît être immédiatement applicable de bonne façon que si les agriculteurs, groupés au sein de mutuelles, apportent à l'organisme de crédit une caution collective. Des exemples ont été donnés, montrant que cette application est bonne et susceptible d'être utilisée dans bien des cas. L'intervention bénéfique des coopératives en la matière n'a pas été oubliée, mais il a été reconnu — là comme dans d'autres conférences CCTA — qu'il

convient d'éduquer les agriculteurs en matière de coopération.

Toutes ces questions de mécanisation : motorisation dans certains cas, culture attelée dans la majorité des spéculations des zones soudano-sahéliennes, impliquent une **éducation des utilisateurs**. A ce titre, un point de l'ordre du jour faisait état des possibilités d'assistance technique que pouvait apporter la Fondation d'Assistance Mutuelle en Afrique au sud du Sahara (FAMA) aux Gouvernements membres de la CCTA.

Il est assez remarquable de constater que seul le document fourni par le Ghana faisait état à ce sujet de suggestions et de propositions (spécialement pour la motorisation) se rapportant au point 5 de l'ordre du jour. Il n'en reste pas moins que cette question de formation fut copieusement discutée. Malheureusement ses différents aspects ne purent être abordés. L'idée générale dégagée est que chaque Gouvernement veut agir lui-même en ce domaine, spécialement pour la culture attelée, tout en désirant que la CCTA et la FAMA, ainsi que la FAO, lui apportent une aide directe.

On voit difficilement comment les organisations en cause pourront satisfaire des demandes aussi conséquentes en nombre. La question préjudicielle à résoudre est celle de la formation des futurs instructeurs nationaux, qui devront être initialement sélectionnés. Sur cela, tous les délégués ont été d'accord. Ensuite, une majorité s'est dégagée pour désirer que ces instructeurs soient polyvalents, particulièrement pour les matériels de culture attelée et de transformation des produits agricoles, et formés pendant des stages devant durer au moins une saison culturale ; l'accord ne put se faire sur la nécessité d'introduire là, de façon générale, les questions de défense des cultures.

Pratiquement, compte-tenu du fait que le nombre des pays participants était insuffisant pour qu'une doctrine sûre soit dégagée, permettant à la FAMA d'orienter son action, le Secrétaire Général du Comité Interafricain de la Mécanisation Agricole doit entreprendre, en liaison avec la FAMA, une enquête auprès des Etats membres de la CCTA, afin de connaître les besoins, qualitatifs et quantitatifs, pour en tirer des conclusions générales, à faire parvenir aux Gouvernements avant d'envisager quelque action que ce soit.

Sous l'angle de l'**adaptation des matériels agricoles** et des perfectionnements à y apporter, la réunion ne pouvait, à l'évidence, dégager des idées générales à appliquer par chacun, étant donnée la variété des écologies, des structures agricoles, des spéculations, etc., en cause.

Il fut reconnu que la recherche des solutions ne pouvait être trouvée de façon rationnelle qu'à l'intérieur de **Conseils permanents spécialisés**, groupant les représentants des différentes parties intéressées au développement de la mécanisation agricole, soit : de la puissance publique, des utilisateurs de matériels, de la profession du machinisme agricole (constructeurs et, éventuellement, importateurs). Il est très intéressant de noter que, là aussi, la réunion de Ségou s'est orientée sur l'une des conclusions formulées sous forme de vœux au CITMA. Les Conseils en question, dont l'opportunité de la création a été abordée de façon incidente, auront notamment pour but de diriger les recherches et de leur donner l'impulsion nécessaire.

Dès à présent les échanges sur les matériels ayant donné satisfaction dans les expériences conduites de part et d'autre doivent avoir lieu, soit sous forme d'éléments descriptifs (nomenclature, plan)

lorsque les engins peuvent être construits localement de façon correcte, compte tenu de l'infrastructure industrielle ou artisanale en place, soit sous forme du matériel lui-même, éventuellement accompagné d'un technicien qualifié très au courant de tous les modes d'utilisation possibles.

En dehors des questions Bulletin, Correspondants, Réunions ultérieures, sur lesquelles nous nous proposons de revenir, deux points importants de l'ordre du jour furent abordés ; mais ils peuvent être considérés comme n'en faisant qu'un seul. En effet il s'agissait du **RIZ**, examiné sous l'angle général des méthodes de production avec les matériels utilisés pour ce faire, et de la visite de certaines installations de l'Office du Niger ; cette dernière pouvant être considérée, jusqu'à un certain point, comme une application pratique de riziculture étant donnée l'importance superficielle actuelle occupée par le paddy dans les spéculations agricoles conduites sur l'Office.

Il est bien évident que la question de la culture mécanisée du riz ne pouvait être traitée dans le peu de temps, qui lui avait été imparti dans l'ensemble de l'ordre du jour. En l'abordant, le Secrétaire Général du Comité le précisa bien, mais il tint à attirer l'attention des délégués sur divers points particuliers.

Parmi ceux qui furent ainsi, nous ne dirons pas discutés mais plutôt effleurés et qui, par le nombre de questions incidentes soulevées, montraient justement que le problème méritait une étude dans les différents Etats avant qu'une réunion leur soit entièrement consacrée, celui du **repiquage** retint le plus longtemps l'attention. Puisque c'est une méthode utilisée, particulièrement en Extrême-Orient, pour accroître les rendements et nettoyer des terres pouvant être envahies par les adventices se développant à l'occasion d'une monoculture non assolée, et qu'on était là pour examiner les aspects de matériels agricoles, il fut question naturellement des engins susceptibles, d'une part, de préparer le sol pour le repiquage, d'autre part, des repiqueuses elles-mêmes, enfin, des appareils permettant le désherbage soit avant le repiquage soit entre les lignes repiquées. Comme, là aussi, on parla surtout de culture attelée, les constatations furent que les engins utilisés, soit en Extrême-Orient, soit dans certains pays ou régions du sud de l'Europe, n'étaient pas suffisamment connus en Afrique tropicale et qu'un effort devait être fait dans ce sens. Des renseignements furent échangés sur les matériels motorisés.

Pour ce qui est de la récolte, on constata, une fois de plus, qu'entre la faucille et la moissonneuse-batteuse, les différents matériels préconisés ne donnaient pas souvent satisfaction soit sous l'angle technique, soit sous celui économique, et que la faux, considérée comme outil présentant une amélioration sensible du point de vue de la productivité du cultivateur, était le plus souvent à proscrire, compte tenu de l'égrenage auquel son emploi conduit dans la zone soudano-sahélienne, les variétés ne s'égrenant pas étant difficiles à trouver.

A l'occasion d'un exposé spécial, fait par un représentant du Service du Développement Rural du Mali, sur le **battage mécanique** réalisé avec des unités (tracteur-batteuse) se déplaçant sur les casiers rizières aménagés de la région de Ségou et traitant à façon la récolte des colons africains, la rentabilité de l'opération fut avancée, étant donnée la possibilité de récupération immédiate du coût de l'intervention auprès des bénéficiaires, laissant à l'entreprise coopérative une faible partie

du grain obtenu. Il semble que, nonobstant l'optique générale de démotorisation rappelée plus haut, l'intervention des tracteurs pour le transport et l'animation des batteuses sur les casiers rizicoles soit considérée comme très utile. Malheureusement, les batteuses spéciales à riz, conçues pour ce travail de chantier (facilité de déplacement et rendement horaire assez conséquent), sont difficiles à trouver. Toutefois, en ce qui concerne l'opportunité de la généralisation de cette méthode, compte tenu du fait qu'elle s'attaquait à un goulot d'étranglement de la spéculation rizicole, les avis furent partagés, certains délégués avançant que désherbage, repiquage et récolte représentaient, beaucoup plus que le battage, des goulots d'étranglements. Les arguments opposés donnés démontrent, là comme ailleurs, que l'agriculture est bien une science des localités.

S'agissant du **séchage** dans les zones soudano-sahéliennes, en dehors du cas de la récolte à la moissonneuse-batteuse, la conclusion des débats est que des précautions doivent plutôt être prises pour que l'exposition au soleil des gerbes ou des moyettes soit la moins importante possible, afin d'éviter les craquelures du grain conduisant aux brisures lors du battage ou de l'usinage. Des expérimentations doivent être conduites pour confirmer les méthodes d'entreposage de la récolte sur le champ.

La question du **stockage** des grains ne fut abordée que sous l'angle de l'utilisation éventuelle des silos permettant la conservation en atmosphère confinée. A ce sujet il fut fait état d'expériences en cours, à l'aide de silos gonflables en matière plastique, dont on pourrait attendre le plus grand bien.

Pour ce qui est de l'**usinage**, il en fut seulement question à l'occasion d'un échange de vues ayant trait à la possibilité d'obtenir, sous ces climats, un pourcentage assez élevé de riz entier en passant à la rizerie du paddy « cuit » par opposition au paddy « cru » ; ceci en utilisant des installations d'étuvage. Des chiffres furent avancés pour comparer les résultats atteints dans deux pays, à l'aide d'installations semi-industrielles.

C'est lors de l'exposé du Chef du Service Exploitation de l'Office du Niger, préliminaire à la visite de certaines installations de cet Office, que, dans ce cadre particulier, les questions rizicoles furent traitées avec le plus de détail et, lors de la dernière journée de la conférence, le même conférencier eut à répondre à de nombreuses questions sur ce qu'il avait dit initialement et ce qui avait été vu pendant la journée du déplacement.

Il ne peut entrer dans notre propos de reprendre ici cet exposé avec les échanges de vues qui se poursuivirent pendant plusieurs heures, et les questions techniques soulevées dans le cadre de la colonisation de l'Office du Niger sont assez complexes pour mériter une étude que nous ne saurions entreprendre, compte tenu de notre information insuffisante. Toutefois, nous nous permettons de rappeler les grandes lignes de l'orientation actuelle.

Sur un plan général, l'Office du Niger, en aménageant hydrauliquement et en peuplant le delta central nigérien, a, d'une part, apporté aux colons une très grande stabilité culturale — caractérisée par la productivité et la régularité — par rapport à ce qui existe dans la culture traditionnelle et permettant déjà de dire que leur revenu est triple ou quadruple de celui obtenu par les cultivateurs des zones sèches, encore que les résultats soient assez variables d'un Centre à l'autre et même entre villages d'un même Centre. D'autre part, dans les différents Services centraux ou les Centres, il a

formé une grande quantité de techniciens et d'ouvriers spécialisés, qui peuvent servir de pépinière de spécialistes au Gouvernement du Mali. Après avoir orienté son action ces dernières années sur la production du riz et sur la motorisation intégrale de cette spéculation (Molodo), en même temps que des superficies relativement importantes étaient consacrées au **COTON** (respectivement 48.000 ha aménagés, dont 40.000 cultivés et 8.000 en jachère, avec 34.000 ha en colonisation, dont 6.000 réservés au coton et 6.000 en régie rizicole motorisée, intéressant quatre mille deux cent onze familles, installées dans cent treize villages groupant 38.321 habitants) l'optique actuelle est l'augmentation au maximum du coton et la démotorisation rizicole (reconversion de Molodo et remplacement des interventions motorisées à façon sur les rizières des colons, par la culture attelée).

En effet, alors que les rendements atteints en motorisation rizicole n'ont jamais pu justifier économiquement l'intervention des engins motorisés, compte tenu du fait que le super-planage nécessaire des terres irriguées impliquerait des investissements encore considérables, les coûts des matériels et pièces de rechange, des carburants et ingrédients, ainsi que de la main-d'œuvre, ont augmenté considérablement, pendant que le prix de vente du paddy restait relativement stationnaire. La fermeture du Dakar-Niger augmente le prix des approvisionnements et a conduit à diminuer, de façon très sensible, le prix d'achat du paddy. Parallèlement les rendements en coton ont augmenté en fonction de mises au point des méthodes culturales. En conséquence ce produit, relativement riche par rapport au paddy, peut justifier la réalisation d'un super-planage (en touches de piano ; possibilité 1.000 ha par an, actuellement), moins coûteux que celui nécessaire dans les rizières pour atteindre des rendements/ha susceptibles de rentabiliser les interventions de motorisation de cette dernière culture.

Par ailleurs les premières expériences conduites en repiquage semblent confirmer localement que cette méthode, appliquée tous les trois ou quatre ans, peut nettoyer les rizières, particulièrement des riz vivaces, et en conséquence, avec l'apport du fumier, remonter les rendements/ha au niveau et même au-dessus de ceux atteints dès la première mise en culture des casiers, alors que les labours profonds en sec, utilisés jusqu'alors pour ce faire, ne permettaient pas d'atteindre le but poursuivi, nonobstant le coût très élevé de cette opération motorisée. Ceci implique une reconversion rizicole basée sur le développement de la culture attelée avec les engins ad hoc, la motorisation ne devant plus intervenir que pour les ouvertures de terre, peut-être pour certains pulvérisages de préparation, (incapables d'ailleurs de remplacer les labours profonds pour le nettoyage), et le battage de la récolte. La moisson-battage paraît, en tout état de cause, condamnée pour des raisons techniques. En effet, dans les conditions locales d'hygrométrie de l'air au moment de la récolte, malgré l'emploi de variétés diverses et l'application d'un timing impératif et très précis, on est obligé d'une part, de sécher au moins une partie du paddy et, d'autre part, le pourcentage de brisures à la sortie de la rizerie, provenant soit de l'intervention de la moissonneuse-batteuse sur des paddy déjà clivés, soit de l'usinage, est prohibitif.

Quant au coton, dont l'assolement est coton-coton-jachère, outre le super-planage en touches de piano permettant une meilleure maîtrise de l'irrigation, et le billonnage initial motorisé, sa culture

doit aussi être entièrement attelée, sauf pour les traitements anti-parasitaires, pour lesquels l'intervention de moyens aériens est bénéfique, à tous points de vue : technique et économique.

Ces conclusions comparées conduiront à l'extension de la Malvacée sur le maximum de terres compatibles, pédologiquement et hydrauliquement, avec sa culture. On envisage atteindre assez rapidement une production de 10-15 et même 20.000 tonnes de coton graine, assortie d'une augmentation considérable de la fourniture d'huile (300.000 l actuellement).

La localisation de la motorisation à un minimum d'opérations et le développement corrélatif de la culture attelée doivent amener une diminution de la superficie des lots attribués aux familles de colons, donc une densité humaine plus grande au km<sup>2</sup>, et une reconversion d'une certaine partie des employés en « agriculteurs », en même temps que la production du fumier sera intensifiée grâce à un cheptel de trait plus nombreux. Le cheptel actuel est alimenté en saison humide par le parcage des terres hautes, en saison sèche par l'utilisation, sur place ou en semi-stabulation, de la paille de riz, le son de riz servant d'alimentation d'appoint — spécialement pour les animaux de trait. Par ailleurs on estime que, psychologiquement, l'agriculteur sera plus près de son lot irrigué, alors que certains colons bénéficiant des interventions motorisées se transformaient en exploitants employant des salariés, ne payaient pas toujours les façons culturales motorisées et s'intéressaient plus aux terres sèches, où ils cultivaient eux-mêmes avec leur famille.

Sur les terres réservées habituellement à la jachère cotonnière, on compte développer les expériences de production de blé, de plantes fourragères (lait et viande ?), de plante à fibre (dah ?). Par ailleurs, on envisage même d'implanter des cultures maraîchères et, peut-être, la canne à sucre.

Des chiffres ont été fournis, paraissant démontrer que les rendements cotonniers justifient le super-planage et on peut espérer que les colons s'adapteront au repiquage et consentiront les efforts supplémentaires, impliqués par le développement rationnel de la culture attelée, à condition qu'ils disposent des matériels adaptés voulus, à trouver.

Lors de la journée de visite sur certaines installations de l'ON ayant amené les délégués aux ateliers de Makala, aux ouvrages régulateurs, au casier de Molodo, sur des chantiers de super-planage, de billonnage, de préparation de pépinières, à la rizerie et à la centrale d'équipement de Molodo, à l'usine d'égrenage et à l'huilerie de Niono, au village N° 10, etc., des éléments d'appréciation ont été fournis, qui ont permis à certains visiteurs d'envisager des transpositions dans d'autres lieux.

Naturellement les questions d'encadrement, d'organisations sociale et coopérative, de commercialisation des produits ont été plus ou moins abordées, mais elles sortent des limites fixées à cet exposé.

### QUESTIONS ADMINISTRATIVES

Outre les exposés et les discussions techniques ayant eu lieu en séance ou sur le terrain (quelques délégués sont allés visiter l'atelier artisanal de la Mission de Ségou, où l'on fabrique des charrettes avec des essieux importés, et le village de Konodomini installé sur le casier rizicole de Tamani-Konodomini), les questions administratives amenèrent à formuler des recommandations, particulièrement

en ce qui concerne le Bulletin de Liaison, les Correspondants et les réunions du Comité.

Elle furent introduites par le compte rendu assez pessimiste que fit le Secrétaire Général du Comité, constatant que, malgré les engagements pris à Silsoe en 1959, les actions envisagées n'avaient pu se développer correctement. Un bref historique, que nous avons placé en introduction, fut fait, tendant à rappeler les conditions ayant dominé la création du Comité et à inciter les délégués à agir afin qu'il puisse rendre les services que les Gouvernements membres pouvaient en attendre. Nous n'avons pas l'intention de retracer les débats nous nous contenterons de dégager les grandes lignes des délibérations ayant conduit à formuler des recommandations.

Le **Bulletin de Liaison du Comité Interafricain de la Mécanisation Agricole**, dont la publication est fonction des moyens qui sont mis à la disposition du Secrétaire Général, a retenu particulièrement l'attention.

En effet la vie du Comité est liée à son activité et aux services rendus aux différents Gouvernements membres et le Bulletin peut être un de ceux-là. Rappelons qu'un premier numéro est sorti début 1961, en langue anglaise.

Il a été convenu que le Secrétaire Général interviendrait pour obtenir de la CCTA la possibilité de publier un document bilingue (anglais et français), comportant des articles originaux illustrés de photographies et de schémas, des analyses bibliographiques utilisables directement par les techniciens isolés. Mais il conviendra que les différents Gouvernements fournissent au moins un article par an (les délégations présentes se sont engagées à intervenir dans ce sens) et que le Secrétaire Général y publie les comptes rendus de ses missions. Le choix entre l'impression et la publication « offset » Rotaprint sera fonction de l'opportunité et de moyens financiers rassemblés.

S'agissant des **correspondants** il a été demandé qu'ils soient désignés par tous les Gouvernements membres de la CCTA (rappelons qu'ils doivent être de préférence des techniciens) et qu'ils participent aux réunions du Comité, soit en tant que délégués, soit comme experts accompagnant le représentant d'un Gouvernement.

Cette question est très importante : sans correspondants, pas de liaison internationale correcte ; sans leur présence aux délibérations du Comité, pas de continuité possible dans les actions.

Pour les **réunions**, la périodicité de deux ans a été confirmée, la conférence de Ségou ayant admis qu'il fallait pouvoir disposer de documents valables, montrant une évolution impliquant un certain laps de temps écoulé, et que la rédaction de ces documents — l'expérience, hélas, le démontre et nous en savons quelque chose — était assez longue. En ce qui concerne la prochaine, le désir a été émis qu'elle ait lieu en zone humide et, après de nombreuses discussions, que les aspects techniques, économiques et sociaux de la mécanisation de la production du maïs, du sorgho et des mils, avec la mécanisation de la protection des cultures et des récoltes contre les maladies et les insectes seraient proposés comme thèmes aux Gouvernements ; donc, orientation sur des cultures et sur une catégorie spéciale de matériels, mais aussi examen des questions sous le triple aspect dominant les possibilités d'applications dans un milieu déterminé.

\* \* \*

Le Comité Interafricain de la Mécanisation Agricole ne semble pas être né sous les meilleurs auspices. Initialement il a fallu plusieurs années pour que la CCTA l'instaure, alors que d'autres Comités spécialisés avaient été créés rapidement. Ensuite, compte tenu d'impératifs budgétaires, on a convenu d'accepter l'offre du Royaume-Uni pour assurer son Secrétariat. Malheureusement, d'une part, le premier Secrétaire Général s'est démis de ses fonctions et on a dû attendre qu'un nouveau Commonwealth Liaison Officer fut nommé au NIAE pour réaliser la première réunion à Silsoe ; d'autre part, les moyens jugés nécessaires furent donnés au compte-gouttes au dit Secrétaire Général qui, malgré toutes ses bonnes volontés et compétences et ayant par ailleurs ses tâches nationales à mener à bien, ne put réaliser tout ce qui lui avait été demandé.

Entre 1959 et 1961, des modifications profondes eurent lieu dans la plupart des pays intéressés par les activités de la CCTA, faisant que les objectifs techniques poursuivis par les divers Comités et Commissions de cette Organisation furent un peu perdus de vue et le Comité de la Mécanisation Agricole, non encore arrivé au stade d'un fonctionnement normal, subit, plus que les autres, les répercussions des difficultés générales qui se firent jour.

Au moment où une invitation, préjudicielle à une réunion en Afrique, eut lieu, elle plaçait la conférence au même moment que celle fixée antérieurement à Paris pour le CITMA. Il fallut donc reporter la date de la réunion et d'assez nombreux pays, qui étaient venus à Paris, ne jugèrent pas opportun de faire le déplacement de Ségou, puisque les sujets abordés devaient être comparables.

Enfin la réunion groupa un certain nombre de pays au sein desquels des opérations de motorisation n'avaient pas donné entière satisfaction pour diverses raisons, d'où une position assez restrictive de quelques délégués vis-à-vis de la mécanisation agricole dans son ensemble, encore trop souvent confondue avec la motorisation.

Nonobstant le retard apporté à cette réunion, certaines prises de positions auraient mérité des développements.

Toutefois, les échanges de vues furent fort intéressants, qu'ils aient eu lieu sur les plans technique ou administratif.

Sur ce dernier point nous souhaitons fort que les questions financières préjudicielles à la sortie régulière du Bulletin bilingue soient réglées. Ce qui permettrait aux Gouvernements membres, nous n'en doutons pas, d'apprécier une des utilités du Comité. Nous souhaitons aussi que des Correspondants soient désignés par tous les pays et qu'ils soient des techniciens qualifiés, habilités à représenter leurs Gouvernements lors de la réunion envisagée en zone humide en 1963. Il est vraisemblable que, si les mêmes responsables assurent les liaisons en intersessions, ils pourront intervenir utilement pour que la troisième réunion du Comité démontre, au delà du Bulletin, l'opportunité de ces réunions en se basant sur des échanges d'information constants et concrets. Il conviendrait que la prochaine s'établisse sur les thèmes proposés, qui permettraient d'intéresser le maximum de Gouvernements membres de la CCTA.

S'agissant des questions techniques, nous espérons que les actions de mécanisation agricole se développeront dans les différents Etats intéressés de façon rationnelle et non plus avec un manque de

préparation conduisant à des échecs. En effet, sans être obnubilés par notre spécialisation, nous sommes obligés de constater qu'on la condamne trop souvent, sous ses divers aspects, lorsque les opérations en cause n'ont pas réussi, simplement parce qu'elles ont été mal lancées et conduites. Afin que ces écueils soient évités, nous nous permettons de formuler des suggestions.

S'il est bien évident que la création des Comités spécialisés, envisagée aussi bien à Paris qu'à Ségou, nous paraît indispensable, il est encore plus nécessaire que leurs supports techniques soient mis en place avec toute la célérité désirable et que les responsables disposent de moyens suffisants d'action. Nous pensons que si les pays en cause ne peuvent actuellement disposer de suffisamment de spécialistes pour contrôler toutes les opérations de mécanisation agricole qui y sont lancées, ce qui est fort regrettable, ils doivent tous pouvoir créer un Secrétariat du Comité tripartite, en en chargeant un spécialiste de la mécanisation agricole.

Si cette fonction devait être assurée par des agronomes non spécialisés, nous le regretterions fort, car la compétence nécessaire est grande. A ce sujet nous regretterons qu'outre-mer on ne soit pas encore assez souvent persuadé que la mécanisation agricole est une spécialité. Nous rappellerons que ses aspects sont techniques, économiques et sociaux. La compétence technique nécessaire ne s'acquiert pas dans un seul endroit au contact d'un minimum de matériel susceptible de permettre de conduire quelques spéculations, mais plutôt par des stages dans tous les domaines abordables. Compte tenu de l'immense variété des matériels, qui peuvent être employés pour apporter la solution d'un problème, il n'est jamais superflu d'avoir là des connaissances étendues car, malheureusement en ce domaine, il faut essayer de nombreuses possibilités pour retenir la bonne et par ailleurs on ne peut dire que les problèmes soient spécifiques.

Il convient aussi que le spécialiste soit informé au mieux de tout ce qui a pu être essayé dans d'autres pays dans des opérations comparables à celles qui l'intéressent, pour en tirer les éléments économiques de transposition possible dans les lieux où il doit intervenir. Ceci présuppose qu'il a eu la possibilité d'étudier de nombreux rapports et de voir sur place les opérations pilotes les mieux conduites.

Ceci réalisé, qui implique une formation complexe et de longue durée, il convient enfin qu'il soit à même de formuler un jugement de valeur sur la solution à proposer aux hommes, les agriculteurs — pris individuellement ou dans le cadre de structures le plus souvent à créer — afin qu'il n'y ait pas d'échec prévisible, et ceci, outre la connaissance profonde du milieu humain en cause, oblige aussi à une information très poussée sur les méthodes envisageables et celles qui ont pu donner satisfaction dans des milieux comparables.

Nous avons trop eu l'occasion d'enregistrer, à des années d'intervalle, les mêmes erreurs sur des opérations identiques, conduites de la même façon par manque d'information, pour ne pas insister sur ces questions. D'ailleurs, alors que les spécialistes reconnaissent que la mécanisation est plus difficile à appliquer en milieu tropical que dans les régions tempérées, pourquoi voudrait-on continuer à en faire conduire les opérations par des gens se formant petit à petit « sur le tas ». Cette façon de procéder fut valable, dans certains cas, quand il fallut improviser. Nous n'en sommes plus là. En France, où on a enfin compris combien ces questions étaient

complexes, de nombreux organismes publics et coopératifs participent à la formation des vulgarisateurs spécialisés en leur apportant tous les éléments d'information nécessaires à leur bonne intervention auprès d'agriculteurs déjà en partie ouverts aux problèmes à résoudre. Ne pourrait-on pas penser qu'il doit en être de même pour les pays tropicaux de langue française où les agriculteurs sont beaucoup moins bien informés, même si on ne veut plus envisager, pour l'instant et dans certaines régions, que la culture attelée.

Sur ce dernier aspect de la mécanisation, nous avons assez répété qu'elle doit être utilisée partout où cela est possible, pour pouvoir dire qu'elle ne peut être la panacée, au moment où les détracteurs de la motorisation vont répétant que cette dernière, elle, n'en est pas une. Il reste que, même pour la culture attelée, des connaissances spéciales étendues sont nécessaires.

Malheureusement, les propositions de la FAMA, pour la réalisation des stages envisagés afin de former les futurs formateurs nationaux des spécialistes nécessaires, n'ont pas été retenues directement. Espérons que l'enquête menée auprès des différents Gouvernements membres permettra aux Secrétaires Généraux, du Comité et de la FAMA, de mettre en place les centres envisagés, qui ne pourront à l'évidence être aussi nombreux que désirés par les délégués de Ségou. Deux centres, un en zone soudano-sahélienne, un en zone guinéenne, effectuant des sessions alternativement en langue anglaise et française, devraient suffire dans un premier stade et on pourrait penser, alors, que les enseignants qualifiés pourraient y être rassemblés en nombre suffisant.

En ce qui concerne les échanges de vue ayant eu lieu sur la mécanisation de la culture du riz, nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit plus haut. Il est bien évident qu'une session de cinq jours, même si elle lui avait été entièrement consacrée et nonobstant l'« application pratique » réalisée d'aussi bonne façon que possible par la visite à l'ON, compte tenu de l'époque inter-culturelle, n'aurait pu épuiser ce sujet si complexe. Cette visite fut particulièrement intéressante, plus spécialement pour ceux des délégués qui n'avaient pas encore eu

la possibilité de visiter l'Office. Il reste que celui-ci se trouve actuellement pris dans de tels rets économiques que certaines des positions prises sur le plan technique ne l'auraient peut-être pas été de façon aussi rigoureuse à une autre époque. En tout état de cause l'opportunité de la visite de telles opérations, lors des réunions ultérieures du Comité, a été démontrée.

Nous espérons enfin que, soit par l'intervention du Secrétaire Général, soit par contacts bilatéraux, les échanges de renseignements sur les matériels et de matériels eux-mêmes s'instaureront de façon systématique, avec l'appui des Comités locaux de la mécanisation, chargés particulièrement de la recherche des solutions en ce domaine. Ces Comités pourront intervenir de bonne façon auprès des Constructeurs, dont les Organisations Syndicales avaient montré l'intérêt qu'elles portent au développement envisageable du parc des matériels agricoles en Afrique tropicale.

Certains esprits, un peu trop rationalistes à notre sens, considèrent que FAO et CCTA font un peu double emploi. Nous sommes persuadés que, dans le domaine qui nous intéresse, il y a trop à faire pour décourager les bonnes volontés. Nous pensons que du travail en commun de tous les techniciens, nationaux, internationaux, professionnels, etc., pourront naître les matériels permettant d'apporter une aide aux pays en cours de développement, pour le bien des agriculteurs des régions tropicales eux-mêmes et de leurs pays, dont l'économie reste basée sur la production agricole.

On trouve parfois que les réunions et conférences africaines sont trop nombreuses. Nous reconnaissons qu'au début 1961 deux d'entre elles ont eu lieu de façon un peu trop rapprochée. Mais le CITMA était une action nouvelle et générale et, depuis que la CCTA existe, nous n'en étions qu'à la deuxième réunion du Comité Interafricain de la Mécanisation Agricole ; nous n'hésiterons pas à trouver insuffisante cette dernière périodicité, eu égard à l'importance que devrait prendre le machinisme agricole pour l'avenir des pays en cause.

*Juin 1961.*



# COMPTE RENDU DU CONGRÈS NATIONAL DES SEMENCES

par

MM. ANGLADETTE, ARNOUX, DELASSUS, LABROUSSE, SILVESTRE

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

Répondant à la recommandation faite par la FAO de consacrer l'année 1961 à une campagne mondiale des semences, le Ministère de l'Agriculture et les Organisations Professionnelles ont organisé à Paris, du 12 au 14 juin 1961, un Congrès National des Semences ; placée sous le haut patronage du Ministre de l'Agriculture, cette manifestation fut organisée par un Comité présidé par M. JUSSEAUX, Inspecteur général de l'agriculture et dont le Secrétaire Général était M. BRETON, Directeur de l'Association de Coordination technique agricole.

Plusieurs centaines de techniciens dont plusieurs dizaines d'étrangers participèrent à ce Congrès ; six spécialistes de l'IRAT participèrent aux travaux des commissions et à diverses visites techniques.

Le Congrès fut ouvert par M. LEWANDOWSKI, Directeur des Affaires Economiques, représentant le Ministère de l'Agriculture.

Quatre Commissions de travail ont siégé simultanément :

I Création de variétés.

II Problèmes techniques posés par la production des semences.

III Récolte et conditionnement des semences.

IV Législation et commerce des semences.

Les comptes-rendus ci-après des travaux de ces quatre commissions ne font état que des questions susceptibles d'intéresser plus particulièrement les agronomes œuvrant sous les Tropiques, soit par leur caractère spécifique ou au contraire par leur caractère très général. Aucune des Commissions n'a en réalité abordé les problèmes tropicaux.

## COMMISSION I

### CRÉATION DE VARIÉTÉS

Présidée par M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Les dix rapports présentés et discutés concernaient les céréales autogames, le maïs, les pommes de terre, les betteraves, la luzerne, les plantes potagères, les plantes industrielles, les arbres fruitiers, la vigne, les fleurs.

### LA CRÉATION DE VARIÉTÉS DE CÉRÉALES AUTOGAMES, par M. P. MARTIN, ETS VILMORIN.

Les moyens mis en œuvre en France par les firmes privées et l'Institut de la Recherche agronomique pour la création de variétés nouvelles de blé, d'avoine et d'orge, sont bien supérieurs à ceux accordés à toute autre plante cultivée.

Le sélectionneur s'efforce de fournir les variétés qui satisferont au mieux les exigences de l'agricul-

teur et de l'utilisateur : augmentation de la quantité produite pour l'agriculteur, mise à la disposition de l'utilisateur d'une meilleure qualité.

Actuellement, il semble que le cultivateur a les moyens, grâce à l'amélioration des techniques culturales, d'augmenter ses rendements mais que les variétés à sa disposition, quoique très productives, n'apportent pas encore la sécurité suffisante.

### Les objectifs de sélection.

Parmi les facteurs qui conditionnent la régularité du rendement, la productivité et la rentabilité des variétés, le plus important est la **résistance à la verse**. Ce doit être le premier objectif de sélection.

Le second objectif de sélection est la **recherche de la précocité**. En quatre-vingts ans, la maturité de l'ensemble des blés a été avancée de huit à dix jours. La différence de précocité entre les variétés extrêmes, qui n'excédait pas quatre à cinq jours, a été portée à une quinzaine de jours avec l'apparition d'Etoile de Choisy.

D'autres problèmes restent à résoudre pour lesquels aucune solution totalement satisfaisante n'a encore été trouvée : la **résistance au froid** des variétés d'automne entre autres. La **résistance aux maladies cryptogamiques** a toujours retenu l'attention du créateur de variétés, les rouilles d'abord, puis le charbon, le piétin et l'oidium actuellement ; le Septoria, les fusarioses seront probablement l'objet de travaux futurs.

L'immunité à l'un quelconque de ces parasites n'est pas nécessaire sous le climat français ; une bonne résistance suffit pour que la culture d'une espèce ne soit pas trop aléatoire.

La **sélection pour la qualité** : valeur boulangère des blés, finesse du grain des avoines, valeur brassicole des orges, pose des problèmes connus depuis longtemps. L'indice W, faute de meilleur critère, symbolise actuellement la qualité du blé.

En instituant une méthode de cotation des variétés, pour les blés d'abord, le règlement d'inscription des variétés au catalogue a, en fait, par le jeu des coefficients des notes, hiérarchisé et défini l'importance des objectifs de sélection : par exemple, les caractères de rendement et verse se voient attribuer 45 % des points chez le blé, 65 % chez l'orge de printemps, 60 % chez l'avoine de printemps.

### La réalisation des objectifs de sélection.

La réalisation de ces objectifs de sélection en fonction des critères économiques et techniques, pose des problèmes complexes où la génétique, la physiologie et la pathologie sont étroitement associées.

La **sensibilité à la verse** dépend de la solidité de la paille, de l'enracinement des plantes, de leur densité au mètre carré, du poids de l'épi, etc..., cet ensemble de caractères est en partie variétal donc

contrôlé par le créateur de variétés, en partie physiologique ou cultural et en ce cas soumis à l'influence prépondérante de l'agriculteur. Une variété courte peut verser lorsque son système racinaire est trop faible, caractéristique assez constante de certains blés italiens et japonais.

Sur la **productivité**, laquelle inclut la capacité de rendement et la résistance à la verse, le sélectionneur n'a qu'une action moyenne : il peut agir sur le poids du grain, la fertilité de l'épi, la grosseur de l'épi, le nombre d'épis par plante. La grosseur du grain, qui ne paraît liée ni à la densité, ni au nombre de grains par épi, ni au précédent ou aux techniques culturales est le caractère qui doit intéresser en premier le sélectionneur. Il semble que sous notre climat la recherche de variétés à fort tallage herbacé ne soit pas indispensable ; le tallage épis est un caractère plus important.

Pour l'avoine, le poids de la panicule serait le caractère dominant du rendement.

La recherche de la **précocité** s'applique surtout aux céréales d'automne. Elle crée quelques soucis au sélectionneur : plus grande sensibilité à certaines maladies, difficulté ou impossibilité d'associer précocité, résistance au froid et alternativité. L'élément essentiel de la réussite dans la création de variétés nouvelles est le choix des géniteurs possibles : les variétés étrangères sont d'un type si différent de nos variétés cultivées que les chances sont faibles d'obtenir, par croisement direct, les types à valeur culturale très élevée exigés maintenant.

#### Les résultats obtenus.

La culture céréalière en France a accompli dans les quinze dernières années beaucoup plus de progrès que dans les cinquante années précédentes. L'amélioration des blés est plus avancée que celle des orges et des avoines.

#### BLÉS.

De 1950 à 1960, les cinquante variétés nouvelles de blés d'automne inscrites au Catalogue français sont presque toutes françaises. Plus des trois quarts des nouveautés pourraient être citées en exemple : Vil-morin 53, Marne, Elite, Heurtebise, Maître Pierre représentent assez bien différents types d'association des caractères favorables au rendement : paille plus ou moins courte, aptitude différente au tallage, tendance à une meilleure fertilité ou grain plus gros. Le groupe des variétés « nordiques » situe sa précocité dans l'intervalle de quatre à cinq jours en deçà et au delà de celle de Vil-morin 27, ce qui est encore insuffisant. Etoile de Choisy représente un type nouveau à la fois très précoce et de bonne valeur culturale, tête de famille du groupe « méridional ».

L'amélioration de la valeur technologique a été très nette : le relèvement du W moyen de la récolte française au nord de la Loire en est la preuve.

#### AVOINES.

Vingt-huit variétés nouvelles inscrites au Catalogue depuis 1949 ne comprennent que trois variétés étrangères. Une capacité de rendement de 10 % supérieure à celle des avoines cultivées il y a vingt ans, une plus grande résistance à la verse sont les principaux résultats obtenus. La précocité moyenne a été également accrue de cinq à dix jours. Citons : Flamande, Nappe d'Argent, Rigide, Ariane, Gelinotte, Prémices, Starblonde.

#### ORGES.

Parmi les douze variétés de printemps inscrites récemment et déjà diffusées en culture, quatre seulement sont d'obtention française. La plus importante d'entre elles, Beka, apporte une haute qualité brassicole.

Des obtentions françaises conciliant les qualités du groupe suédois (résistance à la verse et productivité) et du groupe allemand (une certaine précocité et une faible sensibilité à l'oïdium) seront certainement diffusées dans un proche avenir : Ariel est la première de celles-ci.

En ce qui concerne les orges d'hiver, les deux tiers des variétés inscrites au Catalogue sont d'obtention française : rendement, résistance à la verse, précocité sont plus ou moins associés dans les variétés comme Arès, Trimas, Hâtif Bonte. Les types les plus résistants au froid sont d'origine étrangère : Atlas par exemple.

L'effort créateur de variétés de céréales autogames durant ces quatre-vingts dernières années a été un grand succès. À l'époque, où les faits économiques étaient relativement stables, les méthodes de sélection assez simples, tout sélectionneur était en mesure d'accomplir de grands progrès. Aujourd'hui, les moyens nécessaires pour atteindre les objectifs fixés par le cultivateur et l'utilisateur sont très élevés. Des installations spéciales sont indispensables pour l'étude des différents caractères, résistance au froid ou aux maladies, etc... La création de réseaux d'essais régionaux s'impose. Il est peu de chercheurs isolés qui puissent faire face à autant d'exigences. D'une juste répartition des tâches dépend l'ampleur des progrès possibles. Il n'y a rien à attendre d'une vaine concurrence.

**MAÏS**, par M. M. Y. LASCOLS, Chargé de Recherches à l'INRA à Versailles.

Tous les grands pays s'efforcent d'améliorer et de développer cette production en raison de son intérêt dans l'alimentation animale et comme matière première dans de nombreuses industries.

L'amélioration du maïs basée sur la création d'hybrides, bénéficiant de l'effet d'hétérosis est à la fois facile et difficile :

facile en raison de la séparation des plants mâles et femelles qui rend aisées les castrations, de l'abondance du pollen, de la faible autostérilité et de la grande variabilité génétique du matériel de départ ;

difficile à cause surtout de la difficulté d'apprécier la valeur des lignées autofécondées, de l'impossibilité de juger la valeur de tous les hybrides possibles et enfin de la connaissance insuffisante que l'on a de la nature de l'hétérosis.

Il s'ensuit que l'on sait mal à quelle génération d'autofécondation on devra commencer les tests de valeur hybride et quelle est l'importance des interactions testeur × hybrides.

Les méthodes de l'amélioration sont les suivantes :

1) À partir de populations de types différents, sélection des lignées en fonction de certains facteurs du rendement, nombre d'épis, longueur et nombre de rangs de l'épi principal.

2) Sélection par étape des hybrides :

d'abord croisement des lignées à l'étude avec un testeur commun qui peut être un hybride (hybrides trois voies) ;

ensuite, soit étude des hybrides doubles réalisés avec l'hybride commun de la phase précé-

dente, soit étude des combinaisons hybrides entre les meilleures lignées, par exemple par des essais d'hybrides simples en croisement diallèles.

Le changement de testeur au cours des progrès de la sélection doit être tel que le nouveau testeur appartienne au même groupe que le premier ; ainsi est-on conduit à une sélection réciproque, où l'on choisit des lignées d'un groupe A pour la valeur de leurs combinaisons avec celles d'un groupe B et réciproquement.

Jusqu'à présent, en France, les nouvelles lignées étaient testées avec l'hybride simple américain HJ ; on s'est également servi de cet hybride pour tester des lignées de second cycle (lignées tirées d'hybride simple) ce qui a permis de mettre en évidence une disjonction significative de la valeur hybride ; une amélioration des rendements de 9 % a été obtenue avec des hybrides issus des  $F_3$  de l'hybride simple  $F_7 \times F_{22}$  avec HJ par rapport aux rendements moyens des  $F_7 \times HJ$  et  $F_{22} \times HJ$ .

Actuellement, on étudie les croisements réciproques des lignées américaines avec comme testeurs des hybrides simples d'origine européenne.

On est donc arrivé au stade de la sélection réciproque dans les deux grands groupes de maïs européens à grains cornés et américains à grains dentés, et de nouveaux groupes ou sous-groupes sont actuellement à l'étude.

#### PROBLÈMES ACTUELS DE LA SÉLECTION POUR LA RÉSISTANCE AU MILDIU CHEZ LA POMME DE TERRE, par M. M. P. MADEC, Directeur de la station d'amélioration de la pomme de terre, INRA, Plondaniel.

Le mildiou demeure la plus grave maladie de la pomme de terre et les recherches à son sujet sont aussi importantes que l'ensemble des travaux concernant tous les autres buts de sélection.

Une première voie de lutte génétique ouverte par les Allemands vers 1920 paraissait autoriser de grands espoirs.

Elle consistait à introduire dans les variétés de *S. tuberosum* des gènes de résistance par hypersensibilité, présents dans les espèces sauvages notamment *S. demissum*.

Cependant après avoir obtenu des variétés immunes à la race commune de *Phytophthora*, ces variétés se révélèrent sensibles à une nouvelle race récemment apparue ; des facteurs nouveaux de résistance furent trouvés mais peu de temps après, apparaissaient de nouveaux biotypes de *Phytophthora* sur lesquels ils étaient sans action.

BLACK en 1945-51 a établi que la résistance à chaque race de *Phytophthora* était due à un seul gène dominant. A cette époque quatre gènes dominants indépendants étaient connus, aujourd'hui on en connaît six et il semble que de nouveaux biotypes pathogènes de *Phytophthora* continueront d'apparaître.

On a noté à Landerneau qu'après l'introduction du genotype  $R_1$ , la nouvelle race pathogène pour ce genotype apparaissait la première année avec un retard de trente-cinq jours mais que ce retard s'amenuisait progressivement les années suivantes.

Pour le gène  $R_3$  le décalage de l'attaque s'est maintenu, de façon mal expliquée, depuis 1953, à environ trois semaines. On doit craindre que l'extension des cultures de variétés porteuses de  $R_3$  augmente les chances de survie d'une année à l'autre du biotype pathogène correspondant ;

actuellement on poursuit parallèlement à l'étude assez décevante des facteurs de résistance par hypersensibilité celle des facteurs de résistance partielle.

La résistance partielle ne supprime pas les traitements anticryptogamiques mais accroît considérablement leur efficacité.

Il semble que le développement de la culture de variétés tolérantes, en limitant le taux de multiplication du *Phytophthora*, pourrait jouer un grand rôle dans la limitation des épidémies.

On a longtemps cru que cette résistance partielle était liée au caractère tardif. En fait, il est exact que les variétés précoces sont plus rapidement détruites ; mais, si l'on compare des variétés de même cycle, on peut établir dans chaque groupe de précocité des échelles de résistance montrant que des gènes de résistance partielle peuvent exister dans chaque groupe.

Des variétés précoces et demi-précoces tolérantes ont été obtenues.

La comparaison des résistances intrinsèques de variétés de cycle différent a été longtemps considérée comme impossible du fait de leur comportement différent ; elle a cependant été rendue possible par les plantations d'été en durée de jour décroissante, qui donne à chaque variété à peu près le même cycle ; on a ainsi établi que la résistance partielle était tout autant compatible avec la précocité qu'avec la tardivité.

La sélection pour la résistance partielle est difficile du fait de la plurifactorialité de ce caractère ; cependant des variétés à résistance partielle très améliorées, ont été obtenues par croisements consanguins.

Il est à noter que l'on n'observe pas de modification de virulence du pathogène à l'égard de ce caractère et qu'en outre d'autres espèces que *S. tuberosum* et en particulier *S. demissum*, possèdent également des gènes de résistance partielle qui pourront être ajoutés à ceux des variétés cultivées.

La combinaison des gènes de résistance partielle et de gènes d'hypersensibilité peut également faire avancer la solution du problème, mais il faut alors se placer dans les conditions particulières d'une région où sévissent également le mildiou commun et ses diverses races spécialisées.

A Landerneau, ces conditions sont réunies si l'on apprécie les caractères de résistance en contre saison. A ce moment, l'inoculum des divers biotypes et de la race commune de *Phytophthora* est abondant.

#### CRÉATION DE VARIÉTÉS DE PLANTES POTAGÈRES, par M. L. FRIEDBERG, Ingénieur agronome, Ets. Clause.

En matière d'espèces potagères, il s'agit moins de créer des variétés que d'améliorer et de perfectionner des variétés existantes.

Ainsi pour une variété donnée, on créera des types adaptés à des régions, des modes d'exploitation ou des usages particuliers.

Une partie importante de la sélection a été faite et est encore faite empiriquement par les maraîchers eux-mêmes, qui choisissent dans des populations ou dans des hybrides fortuits des types adaptés à leur terrain ou à leur clientèle.

Longtemps la nécessité d'un travail systématique d'amélioration ne s'est pas fait sentir ; aujourd'hui cependant de nouveaux problèmes se posent

qui ne peuvent être résolus par les maraîchers eux-mêmes :

1) La commercialisation pour la vente loin des centres de production exige des produits **homogènes ou réguliers**.

La régularité des produits est obtenue chez les espèces autogames : haricots, pois, laitues, tomates, chicorées, par sélection généalogique ; chez les allogames, la régularité est plus difficile à obtenir, on effectue une sélection massale et, dans quelques cas particuliers, des hybrides recombinant deux lignées pures.

2) **L'adaptation des variétés à des besoins nouveaux** se fait sentir ; ces besoins résultent principalement :

a) du développement de l'industrie des conserves qui exige de tenir compte des desiderata des conserveurs, par exemple, pois fins, tendres, convenablement colorés, écosables mécaniquement, haricots à cosse droite pouvant s'ébouter mécaniquement, tomates riches en matière sèche, carottes petites rondes ou légèrement aplaties, etc.,

b) du développement de la culture en serre, qui utilise pour le moment des variétés étrangères, mais nécessitera la création de variétés spéciales mieux adaptées,

c) de l'exportation qui doit satisfaire aux qualités exigées sur les marchés étrangers.

3) **La notion de rendement** en matière potagère est souvent imprécise ; il s'agit souvent plutôt du rendement en valeur, lequel peut être fortement influencé par la date à laquelle le produit arrive sur le marché. Cette notion reprend cependant ses droits lorsqu'il s'agit d'espèces produites en grande culture telles que : oignons, poireaux, carottes, navets, pois, haricots, mais les essais comparatifs de rendement ne sont guère utilisés que pour ces deux dernières.

La sélection pour le rendement fait parfois intervenir la méthode des hybrides  $F_1$ . Cette méthode est utilisée :

a) lorsque la  $F_1$  porte une qualité particulièrement recherchée à un degré supérieur à celui des parents,

b) lorsqu'on cherche à grouper dans une même plante un certain nombre de caractères dominants,

c) lorsque la sélection en lignées pures conduit à une diminution de vigueur.

Cette méthode exige des castrations souvent délicates que l'on peut éviter dans certains cas par utilisation de lignées mâles stériles (oignons) ou autostériles (Crucifères), ou encore par stérilisation des organes mâles par voie chimique.

4) **La durée culturale**, temps qui s'écoule entre le semis et le moment où la récolte est commercialisable, est différente pour une même espèce selon qu'elle est produite en primeur ou en pleine saison ; néanmoins, le sélectionneur recherche, pour un même type, des variétés de précocité différente. La difficulté est généralement d'associer précocité et rendement.

5) **Les résistances aux maladies** constituent un domaine très important de l'amélioration génétique, mais encore peu défriché.

La sélection dans ce but exige une parfaite connaissance des maladies et de ses rapports avec son hôte, et celle des facteurs de résistance de l'hôte.

Des infections dirigées sont nécessaires :

lorsqu'il s'agit de champignons parasites du feuillage comme *Colletotrichum lindemuthianum* du haricot, on pulvérise une suspension de conidies sur les organes sensibles et on maintient les plants dans une atmosphère convenable,

lorsqu'il s'agit de fusarioses, le trempage des racines dans une suspension de spores avant repiquage est souvent efficace,

l'infection hypodermique est utilisée pour certains bactérioses et fusarioses,

dans le cas des viroses, celles transmissibles uniquement par puceron exigent l'entretien d'élevages ; dans les autres cas on procède à des infections mécaniques avec de la sève infectieuse mélangée à un abrasif.

Parfois, aucun gène de résistance même partielle ne peut être trouvé. La difficulté est tournée par les américains dans le cas de l'oïdium du melon par la création de variétés résistantes au traitement au soufre, dans le cas de la mosaïque de la laitue par la recherche de variétés ne transmettant pas la virose par ses graines.

6) La sélection des variétés en fonction des **qualités gustatives ou nutritives** est encore fort peu avancée ; on peut citer la création : de variétés de carottes pour leur haute teneur en carotène (Kieler Rote de Baner), de concombres sans principe amer ou à principe amer ne passant pas dans le fruit, d'asperges sans fibres, de pois sans parchemin et de haricots sans fil.

7) Enfin certaines sélections sont orientées sur des critères qui ne reposent que sur des **questions de mode**.

En conclusion, un travail considérable résultant de la complexité des objectifs reste à faire dont le premier stade est la définition précise des problèmes à résoudre.

\* \* \*

En séance de clôture, le rapporteur de la Commission I, M. REBISCHUNG fit la synthèse des travaux et de la Commission :

1) Nécessité d'accroître les connaissances fondamentales en ce qui concerne le matériel végétal et les parasites, notamment en matière de cytologie, de cytogénétique et en ce qui concerne les modalités de transmission des maladies ; il est indispensable que l'ensemble de ces connaissances puisse être mis au service des sélectionneurs.

2) Nécessité d'intensifier l'échange d'information et de matériel végétal, tant sur le plan national qu'international, entre les divers organismes publics ou privés, créateurs de nouveautés variétales.

3) Participation souhaitable des sélectionneurs, créateurs de matériel végétal, à la vulgarisation, selon des modalités à préciser.

## COMMISSION II

### PROBLÈMES TECHNIQUES POSÉS PAR LA PRODUCTION DES SEMENCES

Présidée successivement par M. A. DE VILMORIN, Président de la Confédération Nationale des Produits du Sol et M. FERRU, Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique.

Les huit rapports présentés et discutés concernaient : les semences forestières, le contrôle des qualités physiques des plantes, le contrôle de l'état

sanitaire des semences, le contrôle de l'état sanitaire des plants et greffons, les techniques de production des semences de plantes autogames, le contrôle de la pureté variétale des plantes autogames, les techniques de production des semences de plantes allogames, le contrôle de la pureté variétale des plantes allogames.

#### **CONTRÔLE DE L'ÉTAT SANITAIRE DES SEMENCES**, par Cl. ANSELME, Ingénieur-docteur.

#### **LE CONTRÔLE DE L'ÉTAT SANITAIRE DES PLANTS ET GREFFONS**, par P. CORNUET, Maître de recherches, INRA, Versailles.

Dans ces deux exposés, les conférenciers ont indiqué le but et les méthodes du contrôle de l'état sanitaire des semences ainsi que les résultats susceptibles d'être obtenus.

Les mesures employées visent à la production de matériel sain et aident les agriculteurs à se défendre contre les maladies et les parasites.

Les procédés utilisés pour évaluer l'état sanitaire des semences sont nombreux. Si un simple examen visuel peut convenir pour détecter certaines maladies cryptogamiques ou bactériennes, souvent il faut faire appel à des techniques plus délicates : méthodes d'Ulster et du papier buvard, extraction d'embryons, indexages par les insectes vecteurs et la greffe, mise en végétation ralentie, emploi de la sérologie, etc..

Une fois le végétal guéri, indexé ou contrôlé, il faut le multiplier à l'abri des contaminations pour pouvoir livrer des plants sains. Les stades critiques pour la production de graines saines se situent à trois époques : immédiatement après la levée, au moment de la formation des organes fructifères, à la maturité ou peu de temps avant la récolte.

Les observations sanitaires à posteriori permettent de juger de l'influence du taux d'infection sur le développement des parasites.

Pour l'application de ces données, on peut prévoir une organisation unifiée ou libérale. La solution unifiée est retenue pour la sélection du fraisier en France (le mode libéral s'est révélé inefficace), un seul organisme est responsable de la thermothérapie et du choix des origines de toutes les multiplications de fraisiers contrôlés en France. Le contrôle de la sélection sanitaire des *Citrus* en Californie peut être donné comme un exemple du système libéral : les sélectionneurs qui acceptent le contrôle peuvent présenter des arbres comme candidats ; à l'inspection préliminaire, la préférence est donnée aux plantations uniformes ; à l'inspection approfondie, l'arbre après six ans d'observation peut obtenir un certificat le déclarant indemne de psorose, de xyloporose et d'exocortis. Un nombre maximum de quarante arbres et de trois cent cinquante greffons par arbre est accordé à chaque sélectionneur. En France, les sélections sanitaires de la pomme de terre et du fraisier sont des exemples de réussite technique. Les études sont en cours pour définir les bases d'organisation similaire pour la vigne, les agrumes, les framboisiers, certains arbres fruitiers et certains bulbes.

La valorisation de l'état sanitaire des semences indemnes de parasites cryptogamiques est appliquée actuellement pour la production de semences de lin à fibre.

#### **TECHNIQUE DE PRODUCTION DES SEMENCES DE PLANTES AUTOGAMES**, par M. HERTZOG, Etablissements FE. DESPREZ.

Les plantes autogames ont la possibilité de s'autoféconder en vase clos. Ce dispositif évite l'allogamie. Cependant par temps chaud et sec, avant la floraison, les glumes chez le blé s'entrouvent, facilitant ainsi la formation d'hybrides naturels.

Cette autogamie a permis d'arriver à la notion de lignée pure obtenue par sélection généalogique, notion qui est à la base des techniques de production des semences de plantes autogames.

La lignée pure est la descendance d'une plante dont tous les caractères sont à l'état homozygote. Elle ne peut plus varier et conserve d'une génération à l'autre toutes ses possibilités. Une variété de plante autogame devra être constituée par une lignée pure, c'est à cette exigence d'une logique parfaite qu'est arrivée la législation française. Cette conception française est mal comprise surtout dans les pays nordiques. Le législateur en France exige une fixité complète de tous les caractères observables, exigence permettant une identification indiscutable des variétés.

Le sélectionneur constate qu'il a enfin obtenu une lignée pure en observant qu'à une certaine génération une plante lui a donné une descendance homogène, c'est-à-dire que toutes les plantes issues de cette plante sont semblables entre elles et identiques à la plante mère. Le contrôle de l'homogénéité des descendances devra se poursuivre de génération en génération, la génération commercialisée ou utilisée étant formée de plantes identiques à la plante mère initiale.

La réalisation pratique de ce contrôle pose un problème d'échantillonnage, car il est bien évident qu'on ne pourrait pratiquement examiner toutes les plantes devant donner la génération commercialisée.

Dans la pratique, pour le blé par exemple, une lignée est formée des plantes obtenues en semant les grains d'une plante ou seulement les grains d'un épi. La famille comprend les lignées semées avec des épis récoltés sur une même lignée. Pour une variété, on appelle les « lignées » les descendances des plantes (ou des épis) formant l'échantillonnage qu'on a décidé de conserver pour servir de base aux multiplications futures.

En France, le sélectionneur qui veut commercialiser une nouvelle variété doit d'abord solliciter son inscription au Catalogue officiel. Il doit fournir un échantillon représentatif des « lignées » de sa variété, qui subit une série de tests dont le contrôle de sa fixité détermine si cette variété est une lignée pure.

Ce contrôle obtenu favorablement, le sélectionneur aura un choix à faire d'un échantillonnage de lignées représentatif de l'ensemble des familles initiales qu'il continuera de contrôler en familles. Les épis de ces lignées choisies serviront à refaire de nouvelles lignées alors que le mélange des autres lignées servira à ensemer la première multiplication. Dans la pratique de la multiplication, on ne contrôle l'identité que d'une ou deux générations rarement de trois.

Le mélange de l'ensemble des lignées met à la disposition du sélectionneur une petite quantité de semences qui doivent être pures. Pour cela le sélectionneur doit en plus du contrôle d'identité, examiner ses lignées en détail, méticuleusement. Toutes les plantes douteuses, hybrides naturels possibles, spelloïdes, compactoïdes, mutations de toutes

sortes plus ou moins visibles devront être arrachées, les lignées douteuses supprimées.

Enfin au moment de la récolte et du battage, il lui faudra prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter le moindre mélange.

Les premières multiplications sont les plus périlleuses et doivent être les moins nombreuses possibles. Plus il y a de générations entre les lignées et le lot commercial, plus on multiplie les risques. Il est préférable de faire le plus grand nombre de lignées possible au départ, et de pouvoir ensemencer avec le produit des lignées une superficie de l'ordre de 1 hectare ou tout au moins 0,5 hectare.

Les causes de mélange les plus fréquentes sont les suivantes :

- manque de précaution au traitement des semences,
- mauvais nettoyage des semoirs,
- transport des grains par les instruments, les roues de semoir, les pieds, etc...,
- transport des grains par les rongeurs et les oiseaux,
- formation d'hybrides naturels,
- à la récolte, mauvais détourages, proximité trop grande de parcelles de variétés différentes,
- mauvais nettoyage de la batteuse, des sacs,
- mauvais nettoyage des appareils de conditionnement.

Les mélanges dus aux transports de grains par les instruments et par les rongeurs, et la formation possible d'hybrides naturels, peuvent être atténués par une disposition rationnelle des deux ou trois premières générations. Il est recommandé d'inclure les lignées et la première multiplication dans une pièce de plusieurs hectares de la même variété représentant tout ou partie de la deuxième multiplication.

Pour obtenir la semence commerciale, le sélectionneur multipliera à nouveau les semences obtenues chez lui ou sous son contrôle direct, le plus souvent au moyen de contrats de multiplication passés avec des cultivateurs. La confiance et la conscience professionnelles du sélectionneur et du cultivateur sous contrat jouent un rôle important et aucun contrôle officiel ou privé ne pourra les remplacer.

La pureté des semences récoltées par le planteur et la correspondance entre la semence mère fournie et la récolte livrée ne peuvent être établies efficacement que par un contrôle à posteriori, en cultivant un échantillon représentatif de la livraison du planteur. La maison de semence prend donc des risques assez grands si elle ne travaille pas avec des planteurs méritant toute sa confiance.

### CONTRÔLE DE LA PURETÉ VARIÉTALE DES PLANTES AUTOGAMES, par M. B. TRANCHANT, Ingénieur à l'ITCF.

#### La lignée pure.

Après avoir rappelé ce qu'est l'autogamie chez la plante, l'auteur définit la lignée pure comme un ensemble d'individus provenant par autofécondation d'un homozygote, donc morphologiquement et génétiquement identiques.

La lignée pure est extrêmement stable. Cette stabilité facilite le contrôle de l'identité et de la pureté variétale. Il est facile de maintenir des variétés lignées pures en collection de référence, sous la seule réserve d'éviter ou de déceler les

seules variations fortuites possibles dues à des mutations ou à des hybridations naturelles.

Il faut distinguer la variation de la fluctuation. La variation est héréditaire, constituée par les différentes extériorisations que peut présenter un caractère dans diverses lignées pures. La fluctuation n'est pas héréditaire ; elle est constituée par les différences d'aspect d'un caractère entre plusieurs individus d'une même lignée pure : seul l'aspect morphologique est plus ou moins modifié sous l'action du milieu, sans qu'il y ait variation du patrimoine héréditaire.

Parmi les caractéristiques qui font qu'une semence est dite « de qualité » on attache traditionnellement une très grande importance à l'aspect général qui est conditionné essentiellement par sa pureté spécifique et son hérédité, ainsi qu'à la faculté germinative. Cependant l'identité et la pureté variétale ont une influence plus grande encore sur la réussite d'une culture.

#### L'échantillonnage.

Le contrôle réalisé au laboratoire ou dans les champs a priori ou à posteriori, est toujours fait sur un échantillon. Cet échantillon doit être très fidèlement représentatif de l'ensemble du lot. Les grains prélevés provenant de nombreux prélèvements partiels sur les différentes parties du lot sont soigneusement mélangés pour obtenir un échantillon moyen homogène.

#### Méthodes de contrôle.

Deux sortes de contrôle sont utilisables : le contrôle sur grains et le contrôle sur plantes.

##### I) CONTRÔLE SUR GRAINS

Le premier caractère utilisé concerne la couleur du grain, caractère très peu fluctuant.

Certaines caractéristiques du grain peuvent être retenues. Citons pour le blé : la brosse, pour l'orge : le profil dorsal de la base du grain, la pilosité du sillon, les poils de la baguette, etc..., pour l'avoine, la pilosité de la base du grain et de la glumelle inférieure, la forme de la première baguette, etc...

Il reste une autre méthode de contrôle sur le grain, basée sur la coloration à l'acide phénique, phénomène surtout connu pour les blés.

Signalons une méthode de contrôle intermédiaire entre celui en grains et celui en végétation : le contrôle basé sur les caractéristiques de la plantule.

##### II) CONTRÔLE SUR PLANTES.

Nous devons distinguer deux types :

- le contrôle sur le terrain,
- le contrôle sur épi qui se fait au laboratoire.

##### A) Le contrôle sur le terrain.

Il se fait pour les céréales au stade épiaison-floraison, complété par un contrôle à maturité. Un précontrôle est théoriquement possible au stade tallage.

a) Contrôle épiaison-floraison : c'est à cette période seulement que l'on peut contrôler avec certitude la pureté variétale.

Deux groupes de caractères sont utilisés :  
les caractères fugaces,  
les caractères stables.

b) Contrôle à maturité : les caractères stables visibles encore peuvent servir à un contrôle com-

plémentaire, l'essentiel du travail ayant dû être fait au stade précédent.

### B) Le contrôle au laboratoire.

Il porte sur un certain nombre d'épis récoltés à maturité pour contrôler l'identité de la variété. !

### III) RÉALISATION DU CONTRÔLE EN VÉGÉTATION.

Le but d'un contrôle est de vérifier l'identité de la variété et de chiffrer le taux de pureté variétale.

Pour vérifier la pureté variétale, deux cas sont à envisager :

soit que l'on contrôle un champ de multiplication,

soit que l'on contrôle à posteriori une parcelle provenant d'un échantillon.

a) Contrôle au champ : on opère par sondage. Il est indispensable de faire des comptages précis en différents points, choisis au hasard, dans un cadre tel que toutes les parties du champ soient vérifiées. Les comptages sont totalisés et donnent le pourcentage d'impuretés constatées.

b) Contrôle d'une parcelle : dans ce cas, le contrôleur doit « voir » toutes les plantes en contrôle.

c) Comment contrôler ? Le contrôleur ne pouvant vérifier un à un tous les caractères de chacun des épis qu'il contrôle, doit avoir un « coup d'œil » acquis par l'expérience qui lui permet de repérer toutes les anomalies. L'examen éventuel des caractères confirmera ou infirmera sa première appréciation.

Qui s'occupe du contrôle.

#### 1) Contrôle par le producteur de la semence.

Quelles que soient les précautions prises pour le choix de la semence mère, et pour la multiplication, le producteur ne devrait jamais commercialiser des semences sans avoir au préalable contrôlé, en végétation et au laboratoire, l'identité et la pureté variétale de la semence.

#### 2) Contrôle par des organisations officielles ou professionnelles.

Les contrôles professionnels existants sont généralement coiffés par une Commission Officielle de contrôle. Pour les céréales, il existe un contrôle interprofessionnel ne dépendant d'aucun organisme officiel.

Quelles sont les plantes autogames contrôlées ?

Les céréales ne sont pas les seules plantes autogames inscrites au Catalogue, donc susceptibles d'être contrôlées. En dehors des céréales (blé, orge et avoine) nous trouvons au catalogue : le lin, les pois fourragers et potagers, les vesces communes, les haricots, les laitues, le colza (demi-autogame).

### PROBLÈMES POSÉS PAR LA PRODUCTION DE SEMENCES CHEZ LES ESPÈCES ALLOGAMES,

par M. M. A. CAUDERON, Directeur du Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, INRA.

La nécessité de concilier une homogénéité variétale suffisante avec un haut degré d'hétérozygotie complique le problème de la production des semences, qui est ici beaucoup plus lié aux problèmes de sélection que pour les espèces autogames.

Les variétés utilisées sont de plusieurs types, ce sont :

1) **Des populations de pays**, mélanges d'hybrides de hasard, où dominent les plantes qui ont la plus grande faculté de reproduction.

2) **Des populations sélectionnées** de façon massive.

3) **Des lignées** obtenues par un certain nombre d'autofécondations et dont le degré de fixité peut être très variable : les lignées ne sont pas utilisées telles quelles, mais servent à la création d'hybrides ou de synthétiques.

4) **Des hybrides** qui permettent d'assurer à la fois la meilleure fixité de forme et la plus grande hétérozygotie. On réalise généralement des hybrides doubles (maïs) pour obtenir des semences en quantité suffisante, les semences d'hybride simple étant obtenues sur des lignées, dont le pouvoir de reproduction est faible.

5) **Les synthétiques** constitués par hybridation naturelle de plusieurs lignées fixées. En quelques générations un degré moyen d'hétérozygotie se généralise et la population synthétique tend vers un équilibre, qui pourrait être maintenu si la sélection naturelle ne jouait pas fortement ; chez les espèces autopolyploïdes l'évolution vers la stabilité est plus lente.

Parmi ces divers types de variétés, seulement trois : populations sélectionnées, hybrides et synthétiques, peuvent faire l'objet d'une production systématique de semences.

Cette production exige la conservation des lignées ou des souches de départ qui peuvent, dans certains cas (espèces pérennes, seigle), être maintenues sous forme de clones, mais qui le sont plus généralement sous forme de graines dans des conditions de mieux en mieux connues. On peut stocker de très bonnes semences pendant dix ans à condition que leur degré de siccité soit inférieur à 10 % dans un local conditionné à une température inférieure à 10° C.

#### a) Intervention de pollen étranger.

Cette intervention dépend de la mobilité du pollen, de l'abondance moyenne du pollen dangereux dans la région considérée, de l'isolement du champ de multiplication, de sa surface et de l'abondance du pollen légitime.

Des normes sont établies pour l'isolement et la surface des champs de multiplication ; ce sont pour le maïs, par exemple :

|                              | Isolement | Surface |
|------------------------------|-----------|---------|
| Production de base .....     | 400 m     | —       |
| Production commerciale ..... | 300 m     | 0,50 ha |

Toujours pour le maïs, diverses précautions sont prises pour obtenir la coïncidence des floraisons : décalage du semis de l'un des parents, application d'engrais sur le plus tardif, etc...

#### b) Action de la sélection naturelle.

On peut en limiter l'incidence :

α) En ne mélangeant que le plus tard possible les constituants du mélange, par exemple au stade planchon et non au stade semence, dans le cas des betteraves tripléides.

β) En ne produisant que des semences adaptées au milieu où elles sont multipliées.

#### c) Imperfection de la panmixie.

Dans le cas de la reproduction en allogamie, il est difficile d'éviter les déviations qui résultent du fait que les croisements ne se font pas exactement au hasard mais sont soumis à de nombreux facteurs tels que vicinisme, précocités différentes, attraction particulière des insectes par certains types de fleurs, etc...

Ces imperfections sont plus facilement évitées avec les synthétiques.

d) Persistance d'un degré trop élevé de consanguinité.

Pour les synthétiques, on peut diminuer ce degré en augmentant le nombre des constituants mais cette augmentation a une limite, car on risque d'introduire des lignées, dont la valeur hybride est faible. La méthode la plus efficace consiste à castrer certaines lignées ou à utiliser des lignées mâles stériles. On peut encore utiliser des différences de fertilité entre lignées ou introduire des gènes d'autoincompatibilité dans les synthétiques.

e) Evolution liée à la structure génétique.

Les principes génétiques de cette évolution sont bien connus, mais de nombreuses observations sont encore nécessaires sur le plan production des semences. On admet que chez les synthétiques diploïdes obtenus à partir de lignées pures, la première génération peut être légèrement supérieure à la deuxième, que ces différences sont moins grandes lorsque le synthétique résulte de lignées non fixées et, dans le cas des autopolyploïdes, que la seconde génération doit souvent être supérieure à la première.

La production de semences dans les espèces allogames a été longtemps imprécise mais les nouvelles techniques utilisées : lignées stables, croisements systématiques, stérilité mâle et également les méthodes efficaces de conservation des semences tendent à lui donner une plus grande rigueur.

\* \* \*

En séance de clôture, le rapporteur de la Commission II, M. HURIN, fit la synthèse suivante des travaux de cette commission ;

1) Les bases fondamentales de la sélection et de la multiplication ne peuvent être utilisées de la façon la plus efficace que par un accroissement de nos connaissances et une recherche de la plus grande précision possible en matière de techniques.

2) Nécessité de renforcement et de mise au point des moyens adaptés.

3) Un contrôle technique est toujours nécessaire, sans préjuger de ses modalités — officiel ou privé.

4) Une étude du prix des semences doit être entreprise, pouvant amener à diminuer le prix de vente des bonnes semences afin d'en assurer une plus large diffusion.

5) La multiplication des semences doit être organisée non seulement sur le plan national mais également dans un cadre international.

6) L'emploi de bonnes semences milite, pour être pleinement efficace, en faveur de l'utilisation de techniques culturales améliorées et parfaitement adaptées ; il est donc nécessaire de pousser les recherches en cette matière et de prévoir la vulgarisation de telles techniques.

### COMMISSION III

#### RÉCOLTE ET CONDITIONNEMENT DES SEMENCES

La Commission fut présidée successivement par MM. BOUCHARD, Président de l'Union Nationale des Coopératives Agricoles de Céréales, et RAUSCHER, Directeur du Centre National d'Etudes et d'Expérimentation de Machinisme Agricole.

#### A) RÉCOLTE.

Un rapport présenté concernait la récolte :

#### APPAREILS DE RÉCOLTE DES SEMENCES, par M. MAQUET.

Il ne saurait être question ici que des conditions d'emploi de la moissonneuse-batteuse pour la récolte des semences, celle-ci impliquant généralement l'utilisation d'un matériel accessoire. Les graines de semence ne sont pratiquement plus récoltées sans l'intervention de la moissonneuse-batteuse.

La coupe directe par celle-ci conduit généralement à affronter des problèmes de séchage trop délicats, c'est pourquoi l'andainage préalable est la solution la plus couramment adoptée. La coupe se fait le plus souvent à la faucheuse. La moissonneuse-lieuse peut être également utilisée, la moissonneuse-batteuse attaquant ensuite successivement les tas de gerbes constitués.

Quant à la moissonneuse-batteuse elle-même, son emploi doit s'accompagner de précautions, et de réglages particuliers, quand il s'agit de graines de semences. Ces réglages concernent aussi bien les rabatteurs : vitesse par rapport à la vitesse d'avancement de la machine (pour la coupe directe), le pick up : vitesse linéaire (pick up à toile, de préférence), les organes de battage et de nettoyage. Ils dépendent évidemment de la nature et des dimensions des graines en cause. L'intégrité physique de celles-ci doit être absolument respectée.

La nécessité de réglages systématiques dans tous les cas provient du fait que les machines de récolte actuelles ne sont évidemment pas prévues particulièrement pour les graines de semences, qui n'offriraient à un modèle spécial qu'un débouché trop limité.

#### B) CONDITIONNEMENT.

Six rapports se rattachaient à ce deuxième titre :

#### APPAREILS DE SÉCHAGE, par M. JOUIN.

#### APPAREILS DE TRIAGE, par M. GIL.

#### CONSERVATION DES SEMENCES, par M. TOUZARD.

#### CONSERVATION DES PLANTS, par M. MONOT.

#### TRAITEMENT ET APPAREILS DE TRAITEMENT, par M. LHOSTE.

#### EMBALLAGE ET MANUTENTION, par M. CORDEAU.

#### APPAREILS DE SÉCHAGE.

Le rapport, en fait, ne traitait pas des appareils de séchage, mais des procédés de séchage, particuliers aux graines de semence, et donnait quelques indications très générales sur le choix des appareils en fonction de la méthode choisie.

Le séchage, ou une ventilation d'entretien à froid, doit intervenir immédiatement après la récolte, pour éviter tout échauffement du grain.

Les procédés de séchage sont de deux catégories : séchage sans réchauffage de l'air (sauf exception) et pour une très faible élévation de la température, séchage à l'air chaud. De plus, dans le cas de graines très fragiles, à teneur en eau élevée, que l'on doit amener à une teneur particulièrement basse, il faut utiliser de l'air à la fois sec et froid, en recourant à l'aide d'un groupe frigorifique.

Dans les deux cas principaux au moins, le grain subit une certaine détérioration pendant le séchage. Mais alors qu'elle est très limitée dans le premier, et

que tous les éléments techniques du séchage peuvent être ici calculés sur des données parfaitement connues, dans le cas du séchage à l'air chaud, les risques de détérioration sont plus grands et surtout ses conditions ne sont pas encore parfaitement connues.

Dans les deux cas, la détermination de l'épaisseur de la couche de grain à traiter a une grande importance, car la pression nécessaire à faire circuler l'air à travers le grain, se traduit, en fonction d'un certain débit d'air, par la nécessité d'une puissance installée, et d'une consommation d'énergie, plus ou moins grandes.

Le séchage à l'air ambiant peut être fait en cellule de stockage « ventilation séchante », en case de séchage en couche mince, ou en sacs.

Le séchage à l'air réchauffé peut être statique, mais il entraîne une hétérogénéité de l'état des couches de grains traversées, ou continu, à l'aide d'appareils où différents dispositifs contraignent les grains à circuler et à se présenter tous (plus ou moins) de la même façon au courant d'air séchant.

En air chaud ou ambiant, la fin du séchage peut être fixée pratiquement par l'observation des températures de l'air à l'entrée et à la sortie du grain. La différence doit être nulle dans le cas de l'air ambiant, elle peut être mise au point expérimentalement (mais non calculée) avec l'air chaud.

Les éléments de choix d'un procédé sont techniques (meilleure conservation des qualités de la semence) et économiques. Quant aux appareils, on devra obtenir du constructeur la garantie qu'ils donneront bien, dans les conditions d'utilisation fixées, les résultats cherchés.

Le conférencier insiste sur la nécessité de poursuivre et de multiplier les essais, portant surtout sur le séchage par air réchauffé afin de développer les connaissances précises qui manquent encore dans ce domaine.

#### APPAREILS DE TRIAGE.

Le principe des différents appareils de triage des graines en général est donné succinctement, avec leur application aux graines de semences. Ceci entraîne l'auteur à parler du triage électronique, qui n'est pas employé pour les semences...

Les graines sont triées, par différents procédés, suivant leurs caractéristiques externes ou globales : densité propre, forme, état de la surface.

Quant aux procédés, il sont soit pneumatiques (tarares, nettoyeurs), soit mécaniques (cribles plans et rotatifs, trieurs à alvéoles, trieurs à rampe en spirale, à tabliers sans fin, tables vibrantes).

Différents procédés peuvent se combiner dans le même appareil, ou dans la même « chaîne » de nettoyage.

Le choix des procédés et les solutions techniques adoptées sont fonctions des variétés de graines en mélange à séparer.

#### CONSERVATION DES SEMENCES.

Le domaine abordé ici a fait l'objet d'un nombre relativement très restreint d'études précises. Beaucoup d'inconnues y subsistent. Une première difficulté consiste d'ailleurs dans le choix, comme limite extrême d'utilisation des semences, d'une certaine faculté germinative. Un pourcentage de 95 % de la valeur initiale semble correct.

La longévité des semences est influencée essentiellement par l'humidité et par la température.

En ce qui concerne l'humidité, c'est l'humidité relative de l'air en équilibre hygroscopique avec

les semences qui doit être prise en considération, et non l'humidité propre des semences. La détermination des isothermes d'adsorption est de première importance ici.

L'altération des semences est produite, au delà d'un « seuil » d'humidité (dans des conditions fixes de température), par l'action de micro-organismes. Pour une conservation de longue durée à une température élevée, la faculté germinative risque d'être détériorée par des parasites à partir de 65 % d'humidité relative, mais pour une conservation à brève échéance, et à une température inférieure à 20°, les dangers d'altération ne commencent qu'au delà de 75 %.

Cependant, le taux d'humidité des graines n'est pas une donnée définitivement acquise par le séchage, puisqu'elles peuvent généralement reprendre de l'humidité par la suite.

Il faut tenir compte également des phénomènes de condensation à l'intérieur des masses de graines, « paroi froide ».

Il est acquis de façon définitive qu'un abaissement du taux d'humidité permet de prolonger la vie des graines ; mais il peut aussi conduire dans certains cas à la formation de « graines dures », dont les téguments devenus imperméables empêchent la germination ; d'autre part, certaines graines ne supportent pas une dessiccation poussée.

Quant à la température, le résultat assez homogène des études passées est que, à humidités relatives égales, les plus basses températures permettent la meilleure conservation.

D'autre part, les résultats obtenus jusqu'à présent en privant les graines d'oxygène par une atmosphère artificielle sont fort contradictoires et aucune conclusion intéressante n'en peut être tirée.

C'est, en fait et dans la pratique, un couple température-humidité qui conditionne la longévité des semences. Une multitude de conditions équivalentes permettent de conserver leur vitalité pendant une durée définie lorsque l'on peut être maître à la fois de la température et de l'humidité, et les éléments de choix sont d'ordre économique. Ainsi l'utilisation du froid peut devenir pratiquement rentable au-dessus d'une certaine valeur des semences.

Des études sont encore souhaitables, bien entendu, sur cette question, et elles devraient en particulier préciser la notion trop vague de l'énergie germinative.

#### CONSERVATION DES PLANTS.

L'exposé portait seulement sur la conservation des plants de pomme de terre et celle des plants de rosiers.

En ce qui concerne les pommes de terre, il faut tenir compte du fait que le plant, après la récolte, passe par une période de repos végétatif, où la germination est impossible (sauf intervention de certains excitants chimiques), suivie d'une période de dormance, dont la durée est sous la seule dépendance des conditions de température et d'humidité. Enfin, l'incubation, qui survient au bout d'un certain temps de conservation, aboutit à la production de nouveaux tubercules quelle que soit la situation du plant et au « vieillissement » de celui-ci, c'est-à-dire à son avancement dans le cycle normal de développement de la plante.

La conservation dans de bonnes conditions doit conduire à faire coïncider le début de la germination avec la plantation.

Le germoir, permettant de favoriser la germina-

tion, est un bâtiment construit spécialement ou non, où la lumière du jour, toujours largement admise, peut être relayée par la lumière artificielle. En clayettes, nécessaires d'ailleurs, la densité de stockage est de 400 à 500 kg par m<sup>2</sup>.

Les plants peuvent également être placés sur caillebotis, dans un hangar ordinaire, et stockés sous une hauteur de 1,5 m (densité de stockage 1.000 kg par m<sup>2</sup>).

Le magasin de stockage peut être ventilé, en utilisant l'air froid naturel ou un air artificiellement refroidi. Le stockage doit se faire en vrac, dès la récolte, à une température optima de 3 à 4° C. La densité de stockage peut ici atteindre 2 tonnes par m<sup>2</sup>. Une telle installation ne peut se concevoir économiquement au-dessous de 25 tonnes.

Enfin, quand on utilise (en rotation avec d'autres denrées) un magasin frigorifique il faut savoir que les basses températures favorisent le développement des yeux latéraux aux dépens du germe apical, d'où davantage de tubercules par plant, et une densité de plantation à régler en conséquence.

Quant aux inhibiteurs de germination, leur emploi n'est pas recommandé ici, parce qu'ils ne modifient pas la chronologie de la vie du plant, et n'arrêtent pas le vieillissement.

D'autre part, les plants de rosiers se conservent dans un local dont la température est maintenue à + 1° C, et le degré hygrométrique au voisinage de 95 %.

#### PRODUITS ET MATÉRIELS DE TRAITEMENT DES SEMENCES.

Le traitement des semences est actuellement une des opérations agronomiques les plus faciles à réaliser : produits nombreux et de bonne qualité, gamme importante d'appareils de traitements.

Hormis quelques exceptions, cette opération ne protège les plantes que pendant les premiers stades de leur végétation.

Les produits employés peuvent se classer en trois catégories :

a) Les répulsifs : anthraquinone, diphénylguanidine (contre les oiseaux).

b) Les insecticides : lindane, action rapide, mais d'une certaine phytotoxicité, aldrine, heptachlore, dieldrine, et composés organo phosphoriques nouveaux, qui assureraient une protection plus longue ; on fonde de grands espoirs sur les systémiques (endothérapiques).

c) Les fongicides comprenant les composés minéraux et tout particulièrement les sels de cuivre actuellement en régression, les composés organo-mercuriques, les composés organiques de synthèse (formol, HCH, PCNB, chloranil, oxinate, captane, thirame).

L'action peut se faire par simple enrobage (anticorbeaux), par diffusion externe assurant une sphère de protection ou par diffusion interne dans la graine.

Actuellement, on tend à associer plusieurs composés en un même traitement ; en plus des produits énumérés ci-dessus, on peut adjoindre des fertilisants et des desherbants.

Quant aux appareils, qui utilisent selon les cas, solutions, poudres solubles ou mouillables, et poudres sèches, ils sont soit discontinus (mélangeuses, barattes, poudreuses), soit continus (pour traitement par poudrage : à mélangeur horizontal, incliné, ou vertical, pour traitement avec des préparations aqueuses par pulvérisation pneumatique, ou par arrosage, pour traitement avec des préparations liquides non aqueuses).

Il est à noter (résultat des remarques qui suivent l'exposé) que la tendance actuelle est à distribuer des produits de désinfection au voisinage immédiat de la semence dans le sol, au semis.

#### EMBALLAGE ET MANUTENTION.

Deux phases de la commercialisation des graines potagères et florales doivent être considérées, du point de vue de l'emballage. L'exposé en effet se bornait au cas de ces deux catégories de graines.

Au stade culture, c'est-à-dire pour le transport entre le producteur et le négociant, ce sont des sacs de 100, ou plutôt maintenant de 50 kg, qui sont employés. Sacs de jute très généralement puisque le coton est malheureusement trop cher, et souvent aussi sac de papier (papier kraft en plusieurs épaisseurs). Le sac de papier se prête mieux à la manipulation en palettes, moins bien au transport à bras.

A ce stade, des chariots transporteurs-élevateurs peuvent être utilisés, mais leur poids, donc la pression de leurs roues sur le sol, limite leur intérêt dans les magasins.

Les graines reçues par le négociant sont nettoyées dans un ensemble de machines, entre lesquelles la circulation peut se faire à la main, par gravité, mécaniquement ou par tube pneumatique (ce dernier a une certaine tendance à casser les graines).

Il faut noter que, dans le domaine exploré ici, le grand nombre des variétés, à débouché relativement faible, que le goût de la clientèle exige, s'oppose à une rationalisation des méthodes.

Pour la vente, les graines sont emballées :

soit en sac de papier — emballage encore le plus utilisé,

soit en boîte métallique étanche (fer blanc, ou aluminium filé par choc ou embouti, plus cher mais de meilleur aspect et de plus longue conservation), mais ce procédé est encore rare en France,

soit en sachets d'aluminium mince, seul ou renforcé de divers matériaux (papiers divers, matières plastiques),

soit en sachets de films plastiques (teflon, polyéthylène, etc...).

La meilleure méthode de confection des sachets, pour assurer leur étanchéité, est le collage à plat des bords de deux feuilles placées l'une sur l'autre avec remplissage simultané.

Pour éviter un séchage préalable des graines, on peut envisager de placer dans le sachet une matière absorbante (gel de silice par exemple), mais il en faut un poids important relativement à la quantité d'eau à absorber.

Il existe différents types d'ensacheuses automatiques qui mesurent soit le poids, soit le volume des graines à ensacher.

Enfin, pour leur distribution aux centres de vente, les sachets de graines sont emballés soit en caisses de carton ou de bois, soit en fûts métalliques ou en containers.

\* \* \*

Au cours de la séance de clôture, le rapporteur de la Commission III, M. LE DU a repris exactement les conclusions des différents conférenciers :

Les études concernant les procédés et les appareils de récolte, séchage, stockage et conditionnement des semences doivent être poursuivies en tenant compte de la nécessité absolue de respecter toutes les qualités des semences, acquises par la sélection et au cours de la multiplication.

Parmi les sujets abordés certains exigent encore des études suivies notamment :

- 1) le battage des petites graines notamment,
- 2) le séchage : débit d'air en fonction de la température de cet air et des modalités de séchage (continu ou discontinu),
- 3) la nécessité de trouver un moyen d'évaluation quantitative de la longévité des semences,
- 4) l'importance de l'humidité relative de l'air (en équilibre avec l'humidité du grain), au cours du séchage ou du stockage, et de sa détermination de préférence à la teneur en eau de la semence,
- 5) la nécessité d'accroître la dormance des plants (pommes de terre, rosiers, par ex.) pour assurer leur conservation.

#### COMMISSION IV. LÉGISLATION ET COMMERCE DES SEMENCES

Les travaux de la Commission ont porté sur deux sujets principaux : d'une part la législation et la réglementation concernant la production des semences, et, d'autre part, la commercialisation des semences.

La Commission fut présidée successivement par MM. VIAUX CAMBUZAT, président de la fédération nationale des coopératives de céréales, et LEWANDOWSKI, directeur des affaires économiques du Ministère de l'Agriculture.

#### A. LÉGISLATION ET RÉGLEMENTATION

Six rapports ont été présentés :

**PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA RÉGLEMENTATION DES SEMENCES**, par M. FANJEAUX.

**RÔLE ET FONCTIONNEMENT DU COMITÉ TECHNIQUE PERMANENT DE SÉLECTION**, par M. JONARD.

**DROIT INTERNATIONAL APPLICABLE AU COMMERCE DES SEMENCES**, par M. WYBO.

**PROTECTION DES OBTENTEURS DE NOUVELLES VARIÉTÉS**, par M. BUSTARRET.

**LE FONCTIONNEMENT DES COMMISSIONS OFFICIELLES DE CONTRÔLE**, par M. BARBIER.

**LES CONTRÔLES INTERPROFESSIONNELS DES SEMENCES DE CÉRÉALES ET DES SEMENCES FOURRAGÈRES**, par M. MARCHAND.

Les efforts entrepris pour l'amélioration des semences et plants, et le développement de leur utilisation n'atteignent leur pleine efficacité que s'il est mis à la disposition des utilisateurs des produits dont la qualité leur est garantie ; d'où le souci des pouvoirs publics de réglementer la production et le commerce.

Les organismes chargés d'élaborer et d'appliquer cette réglementation sont :

- a) L'INRA.
- b) Le SERVICE DE RÉPRESSION DES FRAUDES, chargé par décret du 11 juin 1949 de rechercher et constater les fraudes en matière de production et commerce des semences.
- c) Le COMITÉ TECHNIQUE PERMANENT DE LA SÉLECTION DES PLANTES CULTIVÉES (CTPS) institué

par décret du 24 février 1942 et arrêté du 13 novembre 1942, en remplacement de l'ancien comité de contrôle des semences créé par décret du 5/12/22 (pris en application de la loi du 1<sup>er</sup> août 1905 sur la répression des fraudes) et complété par décret du 16/11/32.

COMPREND VINGT-HUIT MEMBRES : fonctionnaires, professionnels, notabilités scientifiques.

COMPORTE ONZE SECTIONS : (céréales, maïs, lin et oléagineux, plantes fourragères, plantes maraîchères, potagères et florales, betteraves industrielles et fourragères, pommes de terre et topinambours, arbres fruitiers, plantes ornementales à multiplication végétative, arbres forestiers, vignes).

ATTRIBUTIONS : Etudier tous les problèmes posés par la sélection et les mesures propres à l'amélioration de la production agricole nationale par les semences et plants. Proposer, au Ministre de l'Agriculture, l'inscription ou la radiation des variétés au Catalogue des espèces de variétés de plantes cultivées, et l'homologation des différentes règles de contrôle établies pour chaque espèce de plantes cultivées. Donner son avis sur les qualités techniques des semences et plants à importer ou exporter.

L'inscription des nouveautés étant subordonnée à l'utilisation de divers tests pour l'appréciation de leur homogénéité, de leur fixation et de leur valeur agricole, le comité joue un rôle de « crible ».

Le Comité joue un rôle important dans la détermination des méthodes et règles techniques de multiplication et de reproduction des variétés, et dans l'étude des moyens propres à assurer les hautes qualités physiques des semences.

Le Comité doit se réunir une fois par an, en séance plénière, selon modalités fixées par arrêté du 23/9/60.

d) LES COMMISSIONS OFFICIELLES DE CONTRÔLE, Au nombre de cinq : pomme de terre, lin, oléagineux, maïs, semences fourragères. La première, celle « chargée d'assurer sur place le contrôle officiel de l'inspection sanitaire des cultures de pommes de terre destinées à la semence », ayant été créée en 1934.

COMPOSITION : Représentants des services officiels, ayant à se préoccuper des semences et plants, et représentants des producteurs, des établissements de sélection, des organismes de stockage et de commercialisation.

RÔLE : Exercer le contrôle de la production, de la récolte et du conditionnement des semences ou plants exigeant une surveillance spéciale de l'état sanitaire ; ce contrôle s'exerce selon trois modes :

α) Contrôle du matériel de départ par cultures d'échantillons, examen d'échantillons et essais de germination, examen sérologique et « création de clones sains ».

β) Contrôle des cultures et de la conservation à trois degrés :

Notation des cultures (trois visites de parcelles) et des opérations ultérieures.

Vérification des notations.

Contrôle proprement dit (par sondage).

γ) Contrôle des résultats obtenus avec les semences certifiées.

Après ces opérations il est attribué à chaque lot de semences un certificat de contrôle (non de garantie).

Ne peuvent bénéficier du contrôle que les agriculteurs syndiqués ou liés par contrat à un établissement de sélection ou un organisme stockeur.

Des règlements techniques nécessaires sont élaborés par le COC.

La gestion des contrôles de base est confiée à des organisations professionnelles ou interprofessionnelles, qui assurent la rémunération des agents techniques des COC.

Cette organisation est onéreuse, et ne peut s'appliquer qu'aux grandes cultures ; techniquement, ce sont les contrôles de base qui sont les plus importants.

e) LE GROUPEMENT NATIONAL INTERPROFESSIONNEL DES SEMENCES ET PLANTS (GNIS) créé par la loi du 11 octobre 1941, devenu en 1944 organisme administratif.

Divisé en six sections, il a pour tâches principales de délivrer les cartes professionnelles et de régler les rapports entre les établissements de semences et les agriculteurs multiplicateurs.

Les sections GNIS ont reçu délégation de pouvoirs des COC correspondantes pour réalisation matérielle du contrôle officiel.

f) LES ORGANISMES DE MARCHÉ qui, lorsqu'il s'agit de produits appartenant à un secteur contrôlé sur le plan économique, sont appelés à intervenir dans le circuit des semences et plants :

Office interprofessionnel des céréales (ONIC).  
Institut des vins de consommation courants (IVCC).

Le décret du 11 juin 1949 définit les normes auxquelles doivent correspondre les semences et plants :

1) Inscription au Catalogue des espèces et variétés des plantes cultivées, institué par décret du 16 novembre 1932, qui prévoyait également un Registre des plantes sélectionnées de grande culture ; le catalogue actuel, qui seul subsiste, est devenu un compromis entre le catalogue initial et le registre.

2) Caractéristiques générales :  
Pureté d'espèces ou pureté spécifique.  
Pureté de variétés.  
Faculté germinative déterminée.  
Provenance ou origine.  
Calibrage.  
Etat sanitaire.

3) Caractéristiques particulières :  
Qualificatifs pouvant être ajoutés à la dénomination des semences ou plants : sélectionné, sélection originale, de choix, contrôlé sur pied.  
Etat sanitaire.

4) Présentation (emballage et étiquetage).  
Les dispositions du décret du 11 juin 1949 couvrent l'ensemble du commerce des semences et plants.

En dehors de ces normes officielles, des labels de qualité peuvent être délivrés par des organismes professionnels ; ex. : le label UNCAC (Union nationale des coopératives agricoles de céréales).

Certaines règles régissent en définitive la production et la commercialisation des semences :

1) Etat sanitaire : la production ne peut être entreprise qu'après admission du contrôle sanctionné par un certificat officiel de contrôle exercé par le COC.

2) Zones de culture déterminées ou interdites par le GNIS ou les COC.

3) Contrats de culture doivent être enregistrés au GNIS, qui en élabore le cadre.

4) Cartes professionnelles nécessaires pour pouvoir exercer le commerce des semences et plants,

délivrées par le Ministère de l'Agriculture par le truchement du GNIS.

g) LA PROTECTION DES OBTENTEURS DE NOUVELLES VARIÉTÉS.

Cette protection équitable et facteur important de progrès technique, ne fait en France l'objet d'aucune législation ; seules possibilités :

Utilisation d'un dépôt de marque ou appellation.

Prise de brevet.

Cette protection exige en outre que la variété nouvelle soit définie, homogène et stable.

UN PROJET DE CONVENTION INTERNATIONALE a été préparé par une douzaine de pays européens et avec l'aide des organisations internationales intéressées ; ses dispositions essentielles portent sur :

Le droit de l'obtenteur, limité dans le temps, mais pouvant s'étendre au produit (cas des fleurs coupées permettant une multiplication facile),

L'application à tous les genres et espèces du monde végétal mais progressivement (au moins cinq genres ou espèces par pays sur une liste annexée à la convention).

L'assimilation des nationaux et ressortissants des divers pays partis à la convention, ou la réciprocité (pour les espèces ne figurant pas sur la liste annexée).

Nécessité pour protection des nouvelles variétés, qu'elles soient identifiables, homogènes, stables ; des dispositions particulières sont envisagées pour les plantes allogames ;

Le critère de nouveauté (la mutation répondant à ce critère) ;

L'institution d'un système d'examen préalable (ne se confond pas avec celui nécessaire pour l'inscription au Catalogue).

La protection simultanée de la variété et du nom.

Par de précisions sur le titre de protection.

L'adoption par les divers pays de cette convention exigera l'harmonisation de leur législation actuelle avec les dispositions de la convention.

h) LE DROIT INTERNATIONAL APPLICABLE AU COMMERCE DES SEMENCES.

Dans la plupart des pays il existe une législation nationale plus ou moins complète en matière de commerce des semences ; en outre, certains accords internationaux existent, tels le système 215 de l'OECE pour la certification des semences des plantes fourragères ou les règles d'analyses de l'Association internationale des Stations d'Essais ; également certaines recommandations d'organismes internationaux (celles de la FAO sur les maïs hybrides par exemple).

Enfin, il existe des usages codifiés : règles et usages de la Fédération Internationale du Commerce des semences (règles et usages FIS), in coterms de la Chambre de Commerce Internationale, etc..).

En matière de commerce international des semences, le droit applicable peut être déterminé soit par le procédé dit du « conflit des lois », soit par le procédé dit « de réglementation », c'est-à-dire de la signature de conventions internationales, d'accords internationaux concernant la protection des droits des obtenteurs, la délivrance de certificats d'analyses internationaux, le recours à une méthode unique de certification (procédé 215 de l'OECE), etc..

On peut penser que, dans le cadre du traité du Marché Commun européen, des mesures interna-

tionales auront trait à la production et au commerce des semences.

## B. LE COMMERCE DES SEMENCES

Quatre rapports furent présentés :

**ASPECT ÉCONOMIQUE DE LA COMMERCIALISATION DES SEMENCES**, par M. LAVALT.

**LE RÔLE DU COMMERCE DANS LA DISTRIBUTION DES SEMENCES**, par A. DE VILMORIN.

**RÔLE DES COOPÉRATIVES DANS LA DISTRIBUTION DES SEMENCES**, par LEQUERTIER.

**PROBLÈMES TECHNIQUE-ÉCONOMIQUES DE LA PRODUCTION ET DE LA COMMERCIALISATION DES SEMENCES DE CÉRÉALES A PAILLE**, par LERICHE.

Le rôle économique du commerce des semences est double :

Assurer l'approvisionnement des agriculteurs en semences de qualité et au juste prix.

Écouler la production des agriculteurs multiplicateurs de semences en leur accordant une rémunération satisfaisante.

Cette commercialisation exige une technicité particulière de trois ordres :

La recherche et l'obtention de variétés nouvelles constituent un investissement (en partie intellectuel), dont la rentabilité doit être assurée.

Nécessité d'assurer l'approvisionnement du circuit commercial en semences de qualité et répondant aux normes, d'où obligation de compléter l'acte commercial d'achat par un contrat de production ; le commerçant doit s'adjoindre les services de techniciens.

Enfin le commerçant de semences doit rentrer dans le circuit général de la vulgarisation.

Il s'agit donc bien là d'une association contractuelle entre la production agricole et le commerce, que la loi d'orientation agricole du 5/8/60 recommande.

Ainsi les aspects particuliers de la commercialisation des semences :

rapports entre producteurs, négoce et utilisateurs,

techniques poussées du commerce,

association étroite des intérêts des agriculteurs et du commerce, ont poussé cette catégorie professionnelle à s'organiser au point de vue commercial, vis-à-vis des multiplicateurs et des Pouvoirs publics.

Dans le cadre général de l'économie agricole, les opérations de commercialisation des semences se distinguent en trois catégories :

Approvisionnement des besoins intérieurs.

Importation (cent millions NF).

Exportation (cent trente-trois millions NF).

Achat total des semences et plants par les agriculteurs : cinq cents à six cents millions NF.

A rapprocher de l'ensemble beaucoup plus considérable des charges d'exploitation de l'agriculture ; il apparaît que les dépenses pour achats de semences sont très insuffisantes.

Pourcentage d'utilisation à l'hectare de semences et plants commercialisés en 1960 :

|                      |      |
|----------------------|------|
| Blé tendre .....     | 20 % |
| Pomme de terre ..... | 22 % |

Le prix élevé et les exigences techniques pour la certification figurent parmi les principales causes de l'usage réduit des semences en France.

Le commerce des semences joue de multiples rôles :

Rôle de régulation.

Rôle de liaison et d'information entre l'utilisateur et le sélectionneur en faisant connaître les besoins nouveaux et en participant à une meilleure connaissance et à la diffusion des nouveautés.

Rôle de garantie, un contrôle rigoureux étant indispensable pour certaines catégories de semences (pommes de terre, maïs hybrides, etc...), un contrôle « léger » assorti d'une garantie de marque étant suffisant pour les autres catégories.

Rôle de stabilisation des tonnages et des prix par achat ou vente de semences sur les marchés étrangers en cas d'insuffisance ou de pléthore de la production.

Enfin le commerce des semences profite aux utilisateurs par le jeu de la libre concurrence entre maisons sérieuses.

Mais bien entendu la production et la commercialisation des semences se trouvent liées, par la nature même des choses, à l'ensemble des réglementations, qui en France régissent les marchés des produits agricoles, des céréales en particulier.

Les problèmes particuliers aux semences ne peuvent donc être dissociés de ceux traitant de la production en général.

Au cours de la séance de clôture, le rapporteur de la Commission IV, M. DESLANDES, fit la synthèse des exposés et discussions et en tira les conclusions suivantes :

1) Nécessité de parfaire les catalogues nationaux et internationaux pour le plus grand nombre possible d'espèces et de variétés.

2) Nécessité de mettre au point des procédés satisfaisants d'identification pour les espèces et variétés ne pouvant être inscrites à ces catalogues.

3) Harmonisation souhaitable de la terminologie en matière de production et commerce des semences.

4) Reconnaissance et protection des droits des obtenteurs de variétés.

5) Recherche de l'obtention de la parité de prix de la semence avec celui de la production.

\* \* \*

Six visites techniques complétaient heureusement cet ensemble d'exposés suivis de discussions :

1) **VISITE DE LA STATION D'AMÉLIORATION DES PLANTES DE L'INRA** à Versailles.

2) **VISITE DE LA STATION D'ESSAIS DE SEMENCES** à Paris.

3) **VISITE DES ÉTABLISSEMENTS VILMORIN-ANDRIEUX** à Massy-Palaiseau (Centre de conditionnement) et Verrières (Ferme de sélection).

## CENTRE DE MASSY-PALaiseau

### Réception des lots de semences.

Les semences produites sur les 200 hectares des fermes de Verrières et de Massy sont multipliées dans les différentes régions françaises par des agriculteurs sous contrat. Les lots de semences provenant de ces agriculteurs sont reçus à Massy. La

réception est faite en sacs et les divers traitements que subissent les semences : transport, pesée, séchage, nettoyage, désinsectisation, sont toujours effectués en sacs, par variété et par lot.

A la réception un premier examen est fait avec un prélèvement d'échantillon envoyé au laboratoire.

#### Laboratoire de contrôle.

L'échantillon provenant du prélèvement à la réception est passé dans un mélangeur-diviseur pour obtenir des échantillons plus réduits et homogènes qui vont être soumis aux divers examens : mesure de pourcentage d'humidité, essais de germination divers en laboratoire et en serre, contrôle d'identité, pureté.

#### Traitement des semences.

Les lots de semences arrivant par camions ou par wagons sont déchargés dans un hall spécial de réception. Ils sont, après examen, transportés mécaniquement sur pelles suspendues se déplaçant sur rail ou élevés par ascenseurs aux étages supérieurs. Au sommet de l'édifice, des chambres à gaz permettent de traiter les sacs de semences au bromure de méthyle à 16°C pour assurer leur désinsectisation, si cela est nécessaire.

Les diverses opérations de nettoyage des graines sont effectuées dans des séparateurs, des cribleurs avec ventilateurs, des trieurs à alvéoles, des tables séparatrices et appareils magnétiques, qui éliminent les impuretés (pierres, poussières, graines étrangères, brisures). Ces traitements s'effectuent par variété, un même appareil étant réservé à une seule variété, ou même par lot. Un appareil électronique avec cellule photo-électrique permet le triage de certaines graines d'après leur couleur.

#### Ensachage et stockage.

Après nettoyage, les essais de germination étant terminés, les semences sont pesées et mises en sacs automatiquement. Ces sacs sont étiquetés, chaque lot de graines ayant une fiche d'identité donnant tous les renseignements sur la variété et les origines du lot.

La mise en petits sachets pour la vente au détail s'effectue dans des batteries de machines automatiques ayant un rendement de quatre cents paquets à l'heure.

#### 4) VISITE DES ÉTABLISSEMENTS CLAUSE à Brétigny-sur-Orge.

L'activité des établissements CLAUSE porte sur l'amélioration et la création de variétés de fleurs, de plantes potagères et de plantes fourragères.

Ces travaux sont réalisés sur un domaine de 250 ha comportant à Brétigny-sur-Orge : le siège social des établissements, les bureaux de l'administration, les laboratoires, les magasins et les serres.

La multiplication des semences créées est réalisée non seulement en France mais également en Afrique du Nord (Tunisie, Maroc), en Hollande, en Italie et au Portugal.

Les techniques d'amélioration utilisées sont diverses : sélection généalogique pour les plantes autogames, sélection massale pour les plantes allogames, hybridation, induction de mutants par rayons ou voie chimique.

Le conditionnement des semences fait également l'objet de recherche et notamment pour celles destinées aux pays tropicaux humides.

La visite du 14 juin a essentiellement porté sur les laboratoires d'essais de germination, les champs d'essais et les serres.

#### Laboratoire d'essais de germination.

Les essais de germination ne peuvent être réalisés dans les conditions naturelles de culture qui donnent des résultats infidèles ; ils sont donc réalisés selon l'espèce des graines considérées :

a) En armoire conditionnée qui réalise, par ruissellement d'eau le long des parois, des températures constantes ou des combinaisons de température automatiquement alternées.

b) Sur plaques de silicogel parfaitement lavées se substituant à la méthode de Jacobsen pour de nombreuses graines de fleurs.

c) Sur sable de rivière humidifié par mèches de buvard trempant dans l'eau dans une salle thermohygrostatique pour les grosses graines (haricots, fèves, pois).

d) Par le procédé américain des serviettes humides enroulées, maintenues en atmosphère conditionnée, qui donne dans le cas des haricots des informations plus précises sur l'état sanitaire (*Colletotrichum lindemuthianum*) que la méthode précédente.

Les observations faites au cours des essais de germination portent principalement sur la vitesse de germination, la vigueur des germes et l'état sanitaire des plantules. Les résultats sont vérifiés par des essais de confirmation en pleine terre.

#### Champ d'essais.

Visite des parcelles de sélection, de culture d'hybrides et d'essais variétaux.

#### Serres.

Les serres permettent de hâter les travaux de sélection en obtenant de nombreuses générations par an (quatre pour les haricots). Elles permettent en outre de travailler en isolement lorsqu'on recherche des variétés résistantes à diverses maladies.

Certaines salles ont leur aération munie de grilles en rilsan interdisant l'entrée de pucerons ; elles sont réservées aux travaux sur les virus (notamment mosaïque de la laitue transmissible par la graine qui nécessite la création de porte-graines sains et la multiplication des semences en serre insectproof).

#### 5) VISITE DES SILOS DE LA COOPÉRATIVE DE LA GRANDE PAROISSE (Seine-et-Marne).

Il s'agit d'un ensemble extrêmement important, dont les installations et le fonctionnement ont un égal intérêt. Nous nous bornerons cependant à décrire certains aspects, qui nous ont particulièrement frappés (réception par eau, nouvelles cellules de stockage), après avoir résumé la situation générale des silos.

Ces silos-entrepôts appartiennent à l'Union Nationale des Coopératives Agricoles de Céréales, de même que trois autres silos de 100.000 q de capacité unitaire (Loiret, Seine-et-Oise et Sarthe). Sur une surface totale de terrain de 12 ha, et avec une surface couverte de 1,8 ha, la Grande Paroisse a une capacité de stockage présente de 80.000 tonnes. La

réalisation complète du plan d'installation portera cette capacité à 100.000 tonnes (en fin 1961). De plus, une station de triage de semences fourragères est en cours d'installation et l'ensemble comprend, bien entendu, un séchoir (à cascade, opstal Brabant, capacité 10 tonnes/heure, continu), et un laboratoire pour le contrôle de la conservation des céréales, qui fait toutes les analyses et essais demandés par les Coopératives.

La Grande Paroisse a été aménagée par tranches successives à partir de 1955, à l'intérieur d'une ancienne usine de chaux et ciments rachetée.

L'accès aux voies de communication comporte : d'une part :

un port privé sur la Seine, de 2,3 ha, avec quais couverts (pour quarante péniches),

un embranchement particulier sur la voie ferrée, à deux voies, avec pont bascule,

d'autre part les silos sont situés en bordure de la route de Montereau à Fontainebleau.

Les cellules, sauf les nouvelles, construites sur les aires de stockage en vrac, sont entièrement construites en béton armé.

Elles constituent des séries de forme diverse, selon qu'elles existaient déjà, ou qu'elles ont été construites depuis l'installation de l'UNCAC.

Toutes se vident par gravité, et sont alimentées, soit par un transporteur mécanique Redler (à chaînes à barrettes) avec bras rotatif pour le remplissage jusqu'en haut des cellules. Il en est de même pour les groupes de cellules extérieures au bâtiment principal quoique le système soit ici plus complexe (transporteurs de liaison nécessaires).

Le débit horaire de tous les éléments de l'installation : manutention, nettoyage, pesage, réception, expédition, est de 100 tonnes/heure. Un système de manutention pneumatique est prévu en cas de panne du système mécanique.

Un système d'aération alternante (Prost-Mahot) existe actuellement sur dix cellules, d'une contenance totale de 5.000 tonnes.

D'autre part le « Hall H » en cours d'aménagement, sur lequel nous reviendrons, est également doté de ce système de ventilation (8.000 tonnes).

La totalité de l'installation est télécommandée, depuis un tableau (où les circuits sont matérialisés par des voyants lumineux), placé dans la « tour de travail » qui domine la réception par voie d'eau. Les circuits sont établis à l'avance et la mise en route se fait automatiquement en commençant par la machine la plus en aval, avec arrêt automatique du tout en cas de panne d'un élément.

Le personnel comprend au total quinze personnes.

Appareil pour le déchargement des péniches.

Il s'agit d'un élévateur SKT Buhler. Monté sur un pont roulant qui vient en surplomb des péniches, le SKT comprend une tête aspirante suivie d'un élément tubulaire vertical, soutenu à son extrémité supérieure par un palan, et articulé en ce point avec un élément tubulaire descendant, qui s'articule lui-même, sur le quai avec un tablier transporteur horizontal.

Le grain est aspiré et circule sous la poussée d'une série d'éléments annulaires montés sur chaînes, qui parcourent à grande vitesse (2,7 m/s) le tube vertical ascendant.

Tous les mouvements du SKT, dont nous avons pu apprécier la précision, sont, soit télécommandés depuis la tour de travail, soit commandés du quai, toujours électriquement, à l'aide d'une boîte groupant les contacts, qui est suspendue au bâti du pont roulant.

Le fonctionnement de l'appareil, au rythme de 100 tonnes/heures, exige une force motrice de 17 CV.

Nouvelles cellules de stockage.

Elles sont aménagées dans un hangar à paroi de béton, destiné au stockage en vrac. L'aménagement comporte l'érection de parois, à une distance de 50 cm des murs, délimitant un certain nombre de cellules.

Celle qui a été visitée en particulier doit offrir une capacité de stockage en vrac de 2.600 t, sur une hauteur de 6 m. Ses parois propres sont constituées par des plateaux de bois de 10 cm d'épaisseur environ et de 2 m de long, horizontaux, dont les extrémités sont retenues dans les glissières présentes par des poutres métalliques à section en H, verticales. Les plateaux sont rainurés pour assurer l'étalement aux grains de la paroi formée.

L'ensemble des parois est consolidé par des JPN de renforcement extérieurs et par des tirants en fer rond, qui réunissent les parois opposées du silo au niveau de leur bord supérieur.

Le remplissage s'effectuera par un transporteur Redler orienté selon la plus grande longueur du silo et la reprise, par deux transporteurs à bande situés dans des galeries souterraines parallèles, alimentés par gravité.

De plus, des gaines métalliques pour la ventilation sont disposées sur le sol. Le système comporte deux ventilateurs, chacun entraîné par un moteur de 30 CV.

## 6) VISITES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DES CÉRÉALES ET DES FOURRAGES (ITCF) de Gif et du DOMAINE EXPÉRIMENTAL de la Minière.

A Gif-sur-Yvette, l'ITCF analyse la pureté variétale des blés de semences provenant des producteurs grainiers ou des sélectionneurs.

Après l'analyse au laboratoire, on procède aux examens en cours de végétation. Actuellement, il y a en observation environ trois mille neuf cents lots ; chacun comporte trois lignes de 30 m ou de 15 m de long suivant qu'il s'agit de sélection ou de reproduction.

Les notations sont effectuées au fur et à mesure de l'évolution des plantes, plusieurs contrôles approfondis ont lieu pendant les périodes de glaucescence et de maturité. Dans l'ensemble, 90 % des échantillons présentés sont conformes aux normes définies.

Le domaine expérimental de la Minière qui dépend de l'INRA a pour but de fournir des indications précises sur les conditions de rentabilité de certaines cultures (céréales, oléagineux, betteraves, maïs, pommes de terre) et sur les aptitudes des nouvelles variétés.

Sur les 56 ha affectés, un tiers est consacré aux essais, les deux autres tiers restants sont exploités en culture d'homogénéisation afin d'éliminer les traces des essais antérieurs. En 1961, le service gère cent un essais pour la Station Centrale d'Amélioration des Plantes et 6 ha de parcelles pour le contrôle des lots commerciaux de plantes fourragères, oléagineuses ou textiles.

La ferme expérimentale de la Minière multiplie aussi les semences de dactyle, de ray-grass et de fétuque sur 21 ha. Un séchoir, un générateur d'air chaud, un « Energic Super » assurant le triage, permettent le conditionnement des graines.

## LA SIXIÈME RÉUNION DE LA COMMISSION PHYTOSANITAIRE INTERAFRICAINAINE

par

G. BOURIQUET

Inspecteur Général de Recherches de l'ORSTOM  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

Du 16 au 20 octobre 1961, s'est tenue à Ibadan (Nigéria) la sixième **Réunion de la Commission Phytosanitaire Interafricaine**. La présidence a été assurée par M. G. BOURIQUET, Inspecteur Général de Recherches, Chef du Centre de Défense des Cultures de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT).

Jusque-là, ces réunions se tenaient à Londres. Il semble que l'Afrique soit propice à de telles manifestations car le nombre des délégués et observateurs a dépassé le double de ce qu'il est habituellement. Pour la première fois, le Gouvernement espagnol y a envoyé deux observateurs.

Les débats ont eu lieu dans un local nouvellement construit de la « Moor Plantation ». Les membres ont pu visiter ce remarquable Centre de Recherches Agronomiques.

La réunion a été inaugurée par le Ministre régional de l'Agriculture, du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Naturelles de l'Ouest.

Dans son allocution d'ouverture, le Président a souligné l'importance de la formation technique du personnel de la Protection des Végétaux. En effet, si, lors des précédentes réunions, la Commission a édifié avec le plus grand soin une Législation Phytosanitaire, qu'elle propose à tous les Gouvernements membres, il convient maintenant de faire en sorte que cette législation soit convenablement appliquée et pour cela un personnel qualifié, en nombre suffisant, est indispensable.

Par ailleurs, un autre point a été signalé à l'attention de la Commission : la protection des produits stockés qui doit d'ailleurs faire l'objet d'un Colloque CCTA/FAO en février 1962.

Les séances de travail ont porté sur cet ordre du jour :

- I) Cérémonie d'ouverture.
- II) Formalités d'adhésion à la Convention et amélioration des Services de Protection des Végétaux Africains.
- III) Rapport Technique du Secrétaire Scientifique et Mémoire sur les méthodes de Protection Phytosanitaire applicables en Afrique. Discussion.
- IV) Formation des personnels pour les Services de Protection des Végétaux.
- V) Création de Stations de Quarantaine pour les régions occidentales de l'Afrique.
- VI) Education des voyageurs. Affiches et tracts. Impression de la documentation publicitaire.

VII) Recherches sur la génétique mycologique en relation avec l'amélioration des plantes cultivées.

VIII) Discussion sur les recommandations de la Commission au sujet de la législation coordonnée et diverses questions concernant en particulier :

- a) Hôtes alternatifs des rouilles
- b) Palmier dattier
- c) Mouches des fruits
- d) Nématodes
- e) Charbon de l'oignon
- f) Denrées en magasin
- g) Tabac
- h) Insectes nuisibles au bois
- i) Maladies transmissibles par semence
- j) Photocopies des certificats phytosanitaires
- k) Importation de matériel végétatif de théier

IX) Situation phytosanitaire en Afrique. Principaux projets de recherches.

X) Rapport administratif et financier.

XI) Budget.

XII) Nomination du Secrétaire Scientifique.

XIII) Election du Président pour 1962.

XIV) Questions diverses.

A propos des progrès réalisés dans le domaine de la protection des végétaux, en qualité de Délégué du Gouvernement Français, le Président fait savoir que l'île de la Réunion est sur le point de faire partie de l'Organisation Phytosanitaire Interafricaine et qu'elle prendra les mesures nécessaires pour appliquer la Législation coordonnée. Par ailleurs, il a indiqué que les autorités de l'archipel des Comores prennent les mêmes dispositions et expriment le désir d'être représentées à la sixième réunion par l'Inspecteur Général G. BOURIQUET, représentant du Gouvernement Français.

Au cours des années précédentes, l'opportunité de quarantaine hors d'Afrique a été admise et l'importation de certains végétaux en Afrique, comme l'hévéa et le cacaoyer, est soumise à cette mesure. Cependant, des spécialistes d'Etats membres ayant remis en cause cette question avant la réunion d'Ibadan, le Président a cru bon de demander à la Commission de confirmer sa position à ce sujet. Aucune des délégations présentes n'a mis en doute le bien-fondé de cette disposition.

Parmi les sujets qui ont donné lieu à des échanges de vue particulièrement importants il convient de citer ces thèmes de discussion :

- 1) Mesures propres à éviter l'introduction de l'agent responsable d'une redoutable maladie du dattier, le bayoud, en Mauritanie.
- 2) Application du froid pour détruire la mouche des fruits.
- 3) Désinfection des navires,
- 4) Dangers d'introduction du *Peronospora tabacina*, auteur d'une maladie du tabac.
- 5) Danger d'introduction d'une virose susceptible d'être transmise par la pomme de terre au tabac : *tobacco vein necrosis*.

Enfin, un nouveau Secrétaire Scientifique, en remplacement de M. H. BARAT que certaines obligations obligent à vivre en France, a été nommé, ainsi qu'un nouveau Président, pour l'année 1962.

Pour le premier poste, le choix s'est porté parmi trois excellentes candidatures, sur M. LOUIS CARESCHE, Directeur de Recherches de l'Office de Recherches Scientifique et Technique Outre-Mer, Chef de la Division d'Entomologie de l'Institut de Recherches Agronomiques Malgaches (IRAM) à Madagascar, élu à l'unanimité.

En ce qui concerne la Présidence, pour l'année 1962, elle sera assurée par M. J. A. WHELLAN, Chief entomologist, Ministry of agriculture, Salisbury, Fédération of Rhodesia and Nyasaland.

## COLLOQUE CCTA/FAO SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES

par

G. BOURIQUET

Inspecteur général de Recherches de l'ORSTOM  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

A Ibadan (Nigéria) s'est tenue du 23 au 27 octobre 1961, sous la Présidence du Dr. G. R. BATES Chief Botanist & Plant Pathologist, Federal Ministry of Agriculture Causeway, Salisbury, Southern Rhodesia, membre du Conseil Scientifique pour l'Afrique au Sud du Sahara (C S A), une Réunion Internationale ayant pour objet l'examen des méthodes de lutte contre les mauvaises herbes.

A cette manifestation, résultant d'une suggestion du C S A, quarante-cinq spécialistes (délégués et observateurs) y ont participés. Parmi eux on comptait notamment des représentants des Gouvernements du Cameroun, du Tchad, de Côte d'Ivoire, de Madagascar, du Niger, du Sénégal, de la France.

Les sujets traités ont été les suivants :

### 1) Lutte générale contre les mauvaises herbes

- a) Revue des pratiques employées pour la lutte contre les mauvaises herbes dans les territoires africains.
- b) Législation.
- c) Aspects économiques de la lutte contre les mauvaises herbes en Afrique.

### 2) Lutte contre les mauvaises herbes dans le cas de cultures déterminées

(méthodes mécaniques, agronomiques et chimiques)

- a) Céréales (blé, maïs, sorgho, riz, etc...).
- b) Récoltes de Légumineuses, grains et de fourrages (par exemple les arachides et les luzernes)
- c) Récoltes provenant d'arbres et de plantation (café, cacao, thé, sisal, canne à sucre, banane, pyrèthre, etc...).
- d) Prairies et pâturages améliorés et emploi d'herbicide pour régénérer des pâturages.

- e) Contrôle de la brousse et des arbres pour l'amélioration des pâturages et pour la lutte contre la mouche tsé-tsé.

### f) Pépinières de forêt.

- g) Lutte contre les mauvaises herbes aquatiques.

### 3) Lutte contre les mauvaises herbes dans l'agriculture africaine

- a) Application d'herbicides chimiques aux petites exploitations agricoles avec référence particulière aux méthodes d'emploi simples.
- b) Les risques éventuels de l'emploi d'herbicides et les précautions requises pour y parer notamment celles à prendre en cas de vaporisation aérienne d'herbicides pour éviter de causer des dommages aux récoltes vulnérables des terres adjacentes.
- c) Autres méthodes de lutte contre les mauvaises herbes.

### 4) Emploi d'herbicides pour modifier la pratique agronomique

Emploi d'herbicides afin de réduire les pratiques culturales et de passer du pâturage à la culture sans détruire la structure du sol.

Parmi les communications présentées par les membres de langue française nous citerons ces titres :

- 1) Technique de désherbage dans la zone Sahélo-Soudanienne par R. NICOU, Ingénieur Agronome. Centre de Recherches Agronomiques de Bambe (Sénégal).

- 2) Le désherbage chimique des cultures à Madagascar, au Sénégal et au Mali par G. BOURIQUET, Inspecteur Général de Recherches, Chef du Centre de Défense des Cultures de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (I R A T).
- 3) L'utilisation des désherbants et débroussaillants chimiques à Madagascar par P. GOARIN, Maître de Recherches Principal de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O R S T O M).
- 4) Les herbicides en cultures cotonnières par J. G. POINTEL, Ingénieur Agronome, entomologiste à l'I R A T.
- 5) Essai d'orientation de désherbage chimique sur petites parcelles de Dah (Kenaf) *Hibiscus cannabinus* par R. COMMUN, Entomologiste au Centre de Défense des Cultures de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (I R A T).
- 6) Etude de la destruction de certains arbres d'ombrage dans les plantations de cacaoyer à l'aide de désherbants chimiques par J. GRIMALDI Directeur du Centre de Recherches Agronomiques de N'kolbisson, République Fédérale du Cameroun.
- 7) Les dangers de l'emploi inconsidéré des herbicides en agriculture tropicale par R. MULLER, Chef du Laboratoire de Phytopathologie du Centre de Recherches Agronomiques de N'Kolbisson (République Fédérale du Cameroun).
- 8) Etude du désherbage chimique des cacaoyers au Cameroun par E. M. LAVABRE, Chef du Laboratoire d'Entomologie du Centre de Recherches Agronomiques de N'Kolbisson, République Fédérale du Cameroun.

Parmi les communications des délégués de langue anglaise, il convient de citer :

- 1) La lutte contre les plantes parasites dans les cultures tropicales par G. WRIGLEY Fisons Pest Control Limited et C. DORE Fisons Overseas Limited.
- 2) La lutte contre les végétaux parasites en Afrique. Des possibilités d'emploi de méthodes de lutte biologique par F. J. SIMMONDS, M. A. Ph. D. Sc. Directeur Commonwealth Institute of Biological Control, Ottawa (Canada).

Au cours du Colloque des discussions ont eu lieu à propos de la comparaison des méthodes mécaniques et chimiques. Plusieurs auteurs ont insisté sur l'importance d'améliorer les méthodes manuelles et mécaniques avant de faire appel aux herbicides d'un emploi assez délicat.

Des échanges de vues ont également portés sur deux plantes aquatiques redoutables : *Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau) et *Salvinia auriculata* (fougère aquatique).

Les communications présentées au Colloque seront publiées *in extenso* ou indiquées dans le compte rendu de cette manifestation. Par ailleurs un rapport détaillé, rédigé par le représentant du Gouvernement Français, sera adressé au Ministère des Affaires Etrangères et aux services intéressés de l'I R A T.

Les spécialistes présents à ce colloque ont estimé que le problème des plantes adventices revêt une importance de premier plan, qu'il est un facteur primordial des rendements en matière agricole et ont souhaité que de nouveaux colloques portant sur ce thème, soient organisés en différents points d'Afrique à intervalle régulier.

## ASPECTS ET ÉTAPES DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE EN FRANCE

### La recherche agronomique outre-mer \*

par

M. ROSSIN

Directeur Général de la Production et des Marchés au Ministère de l'Agriculture

Les pays de la zone tropicale avaient, lorsque les Européens s'y installèrent, une économie exclusivement agricole et encore en grande partie de cueillette.

Il est bien évident qu'une telle économie et le contexte humain où elle se situait ne pouvaient permettre, avec les moyens techniques encore limités, dont on disposait jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle inclus, qu'une évolution progressive.

Cette évolution se basait sur une amélioration

des productions du sol, qui dut très rapidement faire appel à la recherche et à l'expérimentation et celles-ci se développèrent parallèlement à l'évolution générale de ces pays. On peut, en schématisant, distinguer différentes phases de ce développement.

Il y eut d'abord une période de prospection et d'inventaire jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, qui fut réalisée par des explorations scientifiques et permit la constitution des premiers « jardins botaniques » grâce notamment à l'appui du Museum national d'Histoire naturelle.

Vint ensuite une période d'installation et d'organisation au début du XX<sup>e</sup> siècle jusqu'à la première guerre mondiale, liée à une politique de marché de

\* Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie d'agriculture de France, Paris. Année 1961, n° 4 (Séance du 2 février 1961), p. 191-4.

traite et orientée surtout en fonction des besoins ou des crises de ce marché.

Entre les deux guerres se situe une période de développement, où la recherche appliquée devient plus systématique, visant à la découverte et à l'exploitation de toutes les possibilités offertes par les sols, les climats et la situation éconómico-géographique des différents pays.

De nombreux laboratoires, stations et centres de recherches sont ainsi créés ou développés, qui ont un champ d'action plus ou moins spécialisé par région ou par production.

Enfin, pendant et surtout après la seconde guerre mondiale, se situe une période de spécialisation, où les recherches sont menées essentiellement par groupes économiques de production (oléagineux, textiles, fruits, etc.) et passent du secteur administratif, qui les avait totalement assumées jusqu'en 1939, à celui de secteurs para-administratifs spécialisés, mais avec le concours et le contrôle indispensables des Pouvoirs publics responsables de la politique générale et économique, qui doit évidemment influencer et guider l'orientation des recherches.

Avant de clore ce très bref et beaucoup trop sommaire historique et d'examiner d'un peu plus près cette dernière phase, il convient de rendre hommage collectivement à tous les pionniers qui, dans des conditions matérielles très difficiles, avec toujours de très faibles moyens, et souvent en outre en butte à l'incompréhension, posèrent les premiers jalons et les premières pierres. On les oublie parfois, leur travail a cependant permis à leurs successeurs de gagner un temps précieux en partant de bases déjà solides.

C'est, semble-t-il, en partie le succès des premiers instituts créés en Extrême-Orient et en Indonésie (notamment pour le caoutchouc) qui entraîna la création des Instituts de Recherches. En fait, au point où en était encore la recherche agronomique, cette création se justifiait par diverses raisons :

La tâche des Organismes de Recherches à compétence générale était devenue très lourde. Obligés de faire face à de multiples demandes et besoins, les études se dispersaient sur des objets variés et ne pouvaient plus être menées avec la diligence nécessaire. La concentration des moyens par catégories limitées d'espèces végétales devenait donc indispensable.

La structure administrative rendait délicate la gestion des établissements qui s'étaient développés et multipliés, et, en donnant aux Instituts un statut de droit privé, on retrouvait une souplesse de gestion indispensable pour de telles activités, amenées à se documenter et s'approvisionner dans le monde entier.

L'intervention des représentants des professions intéressées depuis les producteurs jusqu'aux utilisateurs, en passant par le commerce et les transformations intermédiaires, devait permettre aux scientifiques et aux techniciens de la recherche de mieux définir les problèmes à résoudre.

C'est la loi du 6 décembre 1940 créant les groupements professionnels et toute une série de règlements complémentaires (notamment du 3 septembre 1942 sur les Organismes de Recherches institués dans le cadre des groupements professionnels coloniaux), qui ont donné l'essor à la nouvelle organisation de la recherche, préfigurée par l'Institut Français du Caoutchouc créé dès 1936 par les planteurs d'Indochine et complété en 1940 par l'Institut de Recherches sur le Caoutchouc en Indochine.

Très rapidement l'Institut de Recherches sur les Huiles et Oléagineux (I R H O), puis l'Institut des Fruits et Agrumes coloniaux (I F A C) se constituèrent aussi.

L'ancienne Association Cotonnière Coloniale (A C C), fondée en 1903 par l'industrie cotonnière, mais qui limitait son activité pour favoriser la production du coton, à la construction et à l'entretien d'usines d'égrenage et à l'octroi de subventions, se transformait en décembre 1941 en Union Cotonnière de l'Empire français (U C E F), puis en 1946 en Institut de Recherches pour le coton et les textiles.

Un Institut de Recherches sur le Caoutchouc en Afrique (I R C A), créé en 1941, devait suspendre son activité en 1946, mais se reconstituait en juillet 1956.

L'Institut français du Café, du Cacao et Autres Plantes Stimulantes (I F C C) se constituait à son tour fin 1957.

Enfin, il y a quelques mois l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (I R A T) venait compléter l'organisation, achevant de couvrir l'ensemble des productions agricoles tropicales.

Entre temps, en 1943, la création de l'Office de la Recherche scientifique Outre-Mer (O R S O M) réalisait le même but dans le domaine de la recherche scientifique, amenée, bien entendu, à donner une importance particulière aux disciplines liées à l'agronomie : génétique, pédologie, phytopathologie et entomologie, phytogéographie, hydrologie notamment. En 1953, pour les mêmes motifs qui avaient amené la création des instituts, l'Office devenait l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O R S T O M) et se voyait confier la partie des recherches agronomiques qui, à l'époque, n'était pas encore assurée par des Instituts (agronomie générale, cultures vivrières, café et cacao notamment) ainsi que le très important secteur de l'ensemble des recherches concernant l'étude du milieu, complétant ainsi l'activité traditionnelle du Museum national d'Histoire naturelle.

Dans des conditions similaires était d'ailleurs créé également, par une loi du 8 juin 1948, l'Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux, établissement public constituant à la fois : un Centre de recrutement et de formation du personnel, un Centre de recherches et d'études et un Centre de documentation pour les questions d'élevage.

Par un arrêté ministériel du 10 mai 1949, était créé le Centre technique forestier tropical, société d'Etat jouant le même rôle pour les questions sylvoles.

La complexité et l'évolution des structures politiques (notamment pour les anciens territoires sous tutelle), ont entraîné quelques difficultés pour l'adaptation et l'intégration des divers Organismes de Recherches préexistants dans cette nouvelle organisation, et quelques-uns ont conservé une certaine autonomie, tels les centres de recherches agronomiques de Bambey au Sénégal et de N'Kolbisson au Cameroun, l'Institut de Recherches agronomiques de Madagascar entre autres.

Par la force des choses cependant, et bien souvent aussi par contacts et relations personnels, une liaison s'est établie entre eux et les Instituts ou l'Office (O R S O M puis O R S T O M) pour tout ou partie des travaux qu'ils poursuivaient dans le même domaine. Quel que soit le devenir juridique de ces centres, ils sont implantés sur le terrain et représentent un considérable outil de travail.

Faire un bilan des résultats ainsi obtenus, même sommaire, est impossible dans le cadre de cet exposé. Il est du moins permis d'assurer qu'il a répondu aux espoirs. L'essor des productions obtenu tant par l'amélioration des plantes (riz, cotonnier, palmier à huile, parmi les plus spectaculaires) que par celle des techniques de culture (terres irriguées, fumure de l'arachide, du bananier, lutte contre les parasites), par l'introduction ou l'adaptation de nouvelles cultures (bananier poyo et caoutchouc sur la Côte d'Afrique, cotonnier à Madagascar), ou de meilleurs moyens de conditionnement ou de transformation des produits (coton, café, palmier à huile), est probant. De même la connaissance des milieux naturels (sols notamment, climatologie en général, hydrologie) a fait des progrès considérables, donnant ainsi des bases solides à tout développement des recherches agronomiques appliquées à des productions données, grâce notamment aux activités et aux travaux du Museum ou de l'O R S T O M.

Il convient pour terminer de souligner combien l'organisation de la recherche, telle qu'elle a été réalisée par les réformes intervenues au cours des vingt dernières années, s'est révélée conforme aux nécessités nouvelles résultant des transformations politiques qui se sont précipitées dans le dernier lustre. La vocation universelle en quelque sorte et la souplesse de fonctionnement des instituts leur ont permis d'entamer des négociations qui ont déjà abouti dans certains cas, avec les Gouvernements des nouveaux Etats indépendants, même dans les cas les plus particuliers comme au Maroc ou en Guinée, et de poursuivre ainsi leur mission. De même le développement de la recherche agronomique de base, leur assure pour l'avenir de solides et irremplaçables fondations.

Ils ont donc gardé à la France un moyen particulièrement adapté et efficace de maintenir le rayonnement de sa culture et de sa science dans un domaine, où le souci de faire face aux besoins les plus élémentaires et les plus impérieux d'une population en rapide accroissement démographique retient de plus en plus l'attention et pose des problèmes d'une ampleur et d'une gravité que des événements quotidiens maintiennent au premier plan de l'actualité.

Pour donner une idée approchée de l'effort consenti par la France au cours des dix années, qui ont précédé l'accession à l'indépendance des territoires africains, rappelons simplement les quelques chiffres suivants :

a) Total des investissements effectués durant ce laps de temps par les divers organismes en 1960 : environ cinq milliards d'anciens francs fournis par le fonds d'aide et de coopération, auxquels s'ajoutent les contributions des Etats.

b) Montant des budgets annuels de fonctionnement de ces divers organismes en 1960 : environ cinq milliards d'anciens francs fournis par le fonds d'aide et de coopération auxquels s'ajoutent des contributions des Etats.

c) Nombre total de chercheurs et d'ingénieurs de recherche appliqués à ces tâches : environ cinq cent cinquante auxquels s'ajoutent près de quatre cents techniciens.

L'éloquence de ces chiffres se passe de tout commentaire. C'est la preuve de l'effort considérable, désintéressé et efficace, consenti par la France, et qui est de nature à donner des bases solides à l'essor souhaitable de l'économie de ces pays.

**RÉSUMÉ.** — *Historique de la création, du développement et des transformations subies par les instituts des recherches agronomiques des pays tropicaux autrefois français.*

*Leur création a été rendue possible par la loi du 6 décembre 1940, et les règlements du 3 septembre 1942. Le premier fut l'Institut Français du caoutchouc. Il ouvrit la voie.*

*Les sommes consacrées à la création et à la marche de ces instituts de recherches agronomiques tropicales sont très élevées. Les investissements se montent à dix milliards, les frais annuels de fonctionnement à cinq milliards en 1960.*

**SUMMARY.** — *Chronological survey of the creation, development and changes suffered by the institutes of agricultural research of the formerly French tropical countries. Their creation was made possible by a law of december 6th 1940 and the statutes of september 3th 1942. The first to be created was the Institut Français du Caoutchouc which paved the way for the others. The sums necessary for the creation and development of these institutes represent a great deal of money. The investments amount up to 10 milliards, the annual working expenses to 5 milliards in 1960.*

**RESUMEN.** — *Historia de la creación, desarrollo y modificaciones de los institutos de investigaciones agronómicas de los pueblos tropicales colonizados por los Franceses.*

*Su creación fue promulgada por la Ley del 6 de diciembre de 1940 y los reglamentos del 3 de septiembre de 1942. Con el Institut Français du Caoutchouc empezó la serie de estos institutos.*

*Las sumas necesarias para la fundación y el funcionamiento de estos institutos de investigaciones agronómicas tropicales son muy altas. Las inversiones alcanzan unos diez mil millones y los costos anuales de funcionamiento unos cinco mil millones en 1960.*



## LES RÉCENTS DÉVELOPPEMENTS DE LA QUESTION SOCIALE A LA LUMIÈRE DE LA DOCTRINE CHRÉTIENNE

### « MATER ET MAGISTRA »\*

LETTRE ENCYCLIQUE DU 15 MAI 1961

DE

S. S. JEAN XXIII

(Extraits)

*Le Comité de Rédaction de « L'Agronomie Tropicale » a estimé intéressant de reproduire la troisième partie de la Lettre Encyclique « Mater et Magistra », qui traite des exigences de la justice par rapport aux secteurs de production, au secteur agricole notamment, et de ces dernières dans les relations entre pays inégalement développés.*

*Emanant de la plus haute autorité du monde catholique, les passages ci-après reproduits de l'encyclique furent publiquement salués par M. SEN Directeur Général de la F A O, lors de la Onzième Conférence de l'Organisation, qui s'est tenue à Rome en novembre 1961.*

### TROISIÈME PARTIE

#### NOUVEAUX ASPECTS DE LA QUESTION SOCIALE

Le déroulement de l'histoire met en plus grand relief les exigences de la justice et de l'équité. Elles n'interviennent pas seulement dans les relations entre ouvriers et entreprises ou direction. Elles concernent encore les rapports entre les divers secteurs économiques, entre zones développées et zones déprimées à l'intérieur de l'économie nationale, et, sur le plan mondial, elles intéressent les relations entre pays diversement développés en matière économique et sociale.

#### Exigences de la justice par rapport aux secteurs de production

##### L'AGRICULTURE, SECTEUR SOUS-DÉVELOPPÉ

A l'échelle mondiale, il ne semble pas, en chiffres absolus, que la population rurale ait diminué. On ne saurait toutefois contester un exode des populations rurales vers les agglomérations et les centres urbains. Il se constate en presque tous les pays ; il prend parfois des proportions massives ; il pose des problèmes complexes, difficiles à résoudre.

C'est un fait connu : à mesure qu'une économie se développe, se résorbe la main-d'œuvre employée en agriculture, croît le pourcentage de main-

d'œuvre occupée par l'industrie et les services. Nous estimons toutefois que l'exode de populations du secteur agricole vers les autres secteurs productifs n'est pas provoqué seulement par le développement économique. Souvent aussi il est dû à de multiples raisons, où nous rencontrons : l'angoisse d'échapper à un milieu fermé et sans avenir ; la soif de nouveauté et d'aventure qui étirent la génération présente ; l'attrait d'une fortune rapide ; le mirage d'une vie plus libre, avec la jouissance de facilités qu'offrent les agglomérations urbaines. Il est à noter cependant — et cela ne fait aucun doute — que cet exode est aussi provoqué par ce fait que le secteur agricole, à peu près partout, est un secteur déprimé : qu'il s'agisse de l'indice de productivité, de la main-d'œuvre, ou du niveau de vie des populations rurales.

D'où un problème de fond qui se pose à tous les Etats : Comment faire pour comprimer le déséquilibre de la productivité entre secteur agricole d'une part, secteur industriel et des services d'autre part ; pour que le niveau de vie des populations rurales s'écarte le moins possible du niveau de vie des citadins ; pour que les agriculteurs n'aient pas un complexe d'infériorité ; qu'ils soient convaincus au contraire que, dans le milieu rural aussi, ils peuvent développer leur personnalité par leur travail et considérer l'avenir avec confiance ?

C'est pourquoi il nous paraît à propos d'indiquer quelques directives qui pourront contribuer à résoudre le problème. Elles valent pensons-nous, quelle que soit la donnée historique, à cette condition évidente d'être appliquées dans la manière et la mesure que le milieu permet.

##### ADAPTATION DES SERVICES ESSENTIELS

En premier lieu, chacun doit s'employer, et d'abord les pouvoirs publics, à ce que les milieux ruraux disposent, comme il convient, des services essentiels : routes, transports, communications, eau potable, logement, soins médicaux, instruction élémentaire et formation professionnelle, service religieux, loisirs ; et tout ce que requiert la maison rurale pour son ameublement et sa modernisation. Que de tels services, qui de nos jours constituent les éléments essentiels d'un niveau de vie décent, viennent à manquer dans les milieux ruraux, le développement économique et le progrès social y

Maison de la Bonne Presse, édit., 5, rue Bayard, Paris XVI<sup>e</sup>, p. 40-56.

deviennent quasi impossibles ou trop lents. Il en résulte que l'exode des populations rurales devient à peu près irrésistible et difficilement contrôlable.

#### DÉVELOPPEMENT GRADUEL ET HARMONIEUX DE L'ENSEMBLE ÉCONOMIQUE

Il importe en outre que le développement économique de la nation s'exerce graduellement, et avec harmonie, entre tous les secteurs de production. Il convient à cet effet que soient réalisées dans le secteur agricole les transformations qui regardent les techniques de production, le choix des cultures, les structures des entreprises, telles que les tolère ou requiert la vie économique dans son ensemble ; et de manière à atteindre, dès que possible, un niveau de vie décent par rapport aux secteurs industriel et des services.

Ainsi l'agriculture pourrait consommer une plus grande abondance de produits industriels et demander des services plus qualifiés. Elle offrirait de son côté aux deux autres secteurs et à l'ensemble de la communauté des produits qui répondent mieux, en quantité et en qualité, aux exigences des consommateurs. Elle contribuerait ainsi à la stabilité de la monnaie : apport positif au développement ordonné du système économique global.

De la sorte, il devrait, semble-t-il, être moins difficile de contrôler, dans les régions de départ et d'arrivée, les mouvements de la main-d'œuvre libérée par la modernisation progressive de l'agriculture ; et on pourrait la munir de la formation professionnelle voulue pour son insertion profitable dans les autres secteurs de production. Elle recevrait aussi l'aide économique, la préparation, le secours spirituel requis pour son intégration sociale.

#### POLITIQUE ÉCONOMIQUE ADAPTÉE

Afin d'obtenir un développement économique harmonieux entre tous les secteurs de production, une politique attentive, dans le domaine rural, est nécessaire. Elle concerne le régime fiscal, le crédit, les assurances sociales, le soutien des prix, le développement des industries de transformation, la modernisation des établissements.

#### RÉGIME FISCAL

Le principe de base d'un régime fiscal juste et équitable consiste en ce que les charges soient proportionnelles à la capacité contributive des citoyens.

C'est une autre exigence du bien commun, qu'il soit tenu compte de ce fait, pour la répartition des impôts, que les revenus du secteur agricole se forment plus lentement et avec plus de risques en cours de formation. Il est plus difficile de trouver les capitaux nécessaires à leur accroissement.

#### CAPITAUX A INTÉRÊTS JUDICIEUX

Pour les raisons indiquées, les porteurs de capitaux ne sont pas très enclins à investir dans le secteur agricole ; ils investissent plus volontiers dans les autres domaines.

Pour les mêmes raisons, l'agriculteur ne peut verser de hauts intérêts ; pas même, en principe, les intérêts courants qui lui permettraient de se

procurer les capitaux nécessaires à son développement, à l'exercice normal de son entreprise. Il convient donc, pour des raisons de bien commun, de suivre une politique de crédit particulière à l'agriculture, et d'instituer des établissements de crédit qui lui procurent des capitaux à un taux raisonnable d'intérêt.

#### ASSURANCES SOCIALES ET SÉCURITÉ SOCIALE

Il semble indispensable en agriculture d'instituer deux systèmes d'assurances : l'un pour les produits agricoles, l'autre en faveur des agriculteurs et leurs familles.

Du fait que les revenus agraires *pro capite* sont généralement inférieurs au revenu *pro capite* des secteurs industriels et des services, il ne paraît entièrement conforme ni à la justice sociale ni à l'équité d'établir des régimes d'assurances sociales ou de sécurité sociale, où les agriculteurs et leurs familles seraient traités de façon nettement inférieure à ce qui est garanti au secteur industriel ou aux services. Nous estimons en conséquence que la politique sociale devrait avoir pour objet d'offrir aux citoyens un régime d'assurances qui ne présente pas de différences trop notables suivant le secteur économique où ils s'emploient, d'où ils tirent leurs revenus.

Les régimes d'assurances ou de sécurité sociale peuvent contribuer efficacement à une distribution de revenu global de la communauté nationale, en conformité avec les normes de justice et d'équité : on peut ainsi voir en eux un moyen de réduire les déséquilibres de niveaux de vie entre les diverses catégories de citoyens.

#### TUTELLE DES PRIX

Vu la nature des produits agricoles, on doit recourir à une discipline efficace en vue d'en protéger les prix, utiliser à cet effet les ressources variées que la technique économique moderne est capable de proposer. Il est hautement désirable que cette discipline soit avant tout l'œuvre des intéressés ; on ne saurait toutefois négliger l'action régulatrice des pouvoirs publics.

On n'oubliera pas en l'espèce que le prix des produits agricoles constitue souvent une rémunération du travail plutôt qu'une rémunération de capitaux.

Le Souverain Pontife Pie XI observe à bon droit, dans l'encyclique *Quadragesimo anno* : « *Au même résultat contribuera encore un raisonnable rapport entre les différentes catégories de salaires* » ; mais il ajoute aussitôt : « *Et, ce qui s'y rattache étroitement, un raisonnable rapport entre les prix auxquels se vendent les produits des diverses branches de l'activité économique, telles que l'agriculture, l'industrie et d'autres encore.* » \*.

Il est vrai que les produits agricoles sont destinés d'abord à satisfaire les besoins primaires : aussi bien leurs prix doivent-ils être tels qu'ils soient accessibles à l'ensemble des consommateurs. Mais il est clair qu'on ne peut s'appuyer sur ce motif pour réduire toute une catégorie de citoyens à un état permanent d'infériorité économique et sociale, et la priver d'un pouvoir d'achat indispensable à un niveau de vie décent, cela, au reste, en opposition évidente avec le bien commun.

\* Cf. A. A. S., XXXIII, 1931, p. 202.

## INTÉGRATION DES REVENUS AGRICOLES

Il convient aussi de promouvoir, dans les régions agricoles, les industries et services qui se rapportent au stockage, à la transformation et au transport des produits agraires. Il est désirable aussi que des initiatives se manifestent, concernant les autres secteurs économiques et les autres activités professionnelles. De la sorte, les familles rurales trouveront le moyen d'incorporer leurs revenus dans le milieu même où elles vivent et travaillent.

ADAPTATION STRUCTURELLE  
DE L'ENTREPRISE AGRICOLE

On ne saurait déterminer *a priori* la structure la plus convenable pour l'entreprise agricole, tant les milieux ruraux varient à l'intérieur de chaque pays, plus encore entre pays dans le monde. Toutefois, dans une conception humaine et chrétienne de l'homme et de la famille, on considère naturellement comme idéale l'entreprise qui se présente comme une communauté de personnes : alors les relations entre ses membres et ses structures répondent aux normes de la justice et à l'esprit que Nous avons exposé, plus spécialement s'il s'agit d'entreprises à dimensions familiales. On ne saurait trop s'employer à ce que cet idéal devienne réalité, compte tenu du milieu donné.

Il convient donc d'attirer l'attention sur ce fait que l'entreprise à dimensions familiales est viable, à condition toutefois qu'elle puisse donner à ces familles un revenu suffisant pour un niveau de vie décent. A cet effet, il est indispensable que les cultivateurs soient instruits, constamment tenus au courant et reçoivent l'assistance technique adaptée à leur profession.

Il est non moins désirable qu'ils établissent un réseau d'institutions coopératives variées, qu'ils s'organisent professionnellement, qu'ils aient leur place dans la vie publique, aussi bien dans les administrations que dans la politique.

LES AGRICULTEURS, AGENTS DE LEUR  
PROMOTION

Nous sommes persuadé que les promoteurs du développement économique, du progrès social, du relèvement culturel dans les milieux ruraux doivent être les intéressés eux-mêmes : les agriculteurs. Il leur est facile de constater la noblesse de leur travail : ils vivent dans le temple majestueux de la création, ils sont en rapports fréquents avec la vie animale et végétale, inépuisable en ses manifestations, inflexible en ses lois, qui sans cesse évoquent la Providence du Dieu Créateur. Elle produit les aliments variés dont vit la famille humaine ; elle fournit à l'industrie une provision toujours accrue de matières premières.

Ce travail, en outre, révèle la dignité de leur profession. Celle-ci manifeste la richesse de leurs aptitudes, la mécanique, la chimie, la biologie, aptitudes incessamment tenues à jour, par suite des répercussions du progrès scientifique et technique sur le secteur agricole. Ce travail est en outre caractérisé par les valeurs morales qui lui sont propres. Car il exige souplesse pour s'orienter et s'adapter, patience pour attendre, ressort et esprit d'entre-

## SOLIDARITÉ ET COLLABORATION

Il est rappelé encore que, dans le secteur agricole comme au reste dans tous les secteurs productifs, l'association est aujourd'hui de nécessité vitale, plus encore si le secteur est basé sur l'entreprise familiale. Les travailleurs de la terre doivent se sentir solidaires les uns des autres et collaborer pour donner existence à des organisations coopératives, à des associations professionnelles ou syndicales. Les uns et les autres sont indispensables pour tirer profit du progrès technique dans la production, pour contribuer efficacement à la défense des prix, pour s'établir à niveau d'égalité avec les professions des autres secteurs de production ordinairement organisées, pour avoir voix au chapitre dans les domaines politique et administratif. De nos jours, une voix isolée n'a quasi jamais le moyen de se faire entendre, moins encore de se faire écouter.

SENSIBILITÉ AUX EXIGENCES  
DU BIEN COMMUN

Les agriculteurs, comme au reste tous les autres travailleurs, doivent se maintenir dans le domaine moral et juridique, quand ils mettent en action leurs diverses organisations. C'est dire qu'ils doivent concilier leurs droits et leurs intérêts avec ceux des autres professions, subordonner au bien commun les exigences des uns et des autres. Les agriculteurs, alors qu'ils s'appliquent à promouvoir le monde rural, peuvent demander à bon droit que leur action soit appuyée par les pouvoirs publics, quand eux-mêmes se montrent sensibles aux exigences du bien commun, contribuant à y satisfaire.

Il Nous est agréable à cette occasion de féliciter ceux de Nos fils qui s'emploient de par le monde entier, dans les organisations coopératives, professionnelles et syndicales, à la promotion économique et sociale de quiconque travaille la terre.

## VOCATION ET MISSION

La personne humaine trouve, dans le travail de la terre, des stimulants sans nombre pour s'affirmer, se développer, s'enrichir, y compris dans le champ des valeurs spirituelles. Ce travail doit donc être conçu, vécu, comme une vocation, comme une mission ; comme une réponse à l'appel de Dieu nous invitant à prendre part à la réalisation de son plan providentiel dans l'histoire ; comme un engagement à s'élever soi-même avec les autres ; comme une contribution à la civilisation humaine.

RÉÉQUILIBRE ET PROMOTION  
DES RÉGIONS SOUS-DÉVELOPPÉES

Il n'est pas rare de rencontrer des déséquilibres accentués, économiques et sociaux, entre citoyens d'une même communauté politique. Ce qui provient avant tout de ce que les uns travaillent en régions économiquement plus développées, les autres en régions économiquement arriérées. Justice et équité demandent que les pouvoirs publics s'appliquent à réduire ou éliminer ces déséquilibres. A cet effet, il faut veiller à ce que les services publics essentiels soient assurés dans les régions moins développées, dans la manière et la mesure voulue par le milieu, répondant en principe au niveau de vie en vigueur dans la communauté nationale. Mais une politique économique et sociale n'est pas moins

requis, concernant surtout l'offre de travail, les migrations, les salaires, les impôts, le crédit, les investissements, attentive en particulier aux industries à caractère stimulant. Cette politique devrait être capable de promouvoir l'absorption et l'emploi rentable de la main-d'œuvre, de stimuler l'esprit d'entreprise, de tirer parti des ressources locales.

Toutefois, l'action des pouvoirs publics doit toujours être justifiée par des raisons de bien commun. Elle s'exercera par suite suivant des normes d'unité sur le plan national. Elle se donnera pour objectif constant de contribuer au développement graduel, simultané, proportionnel, des trois secteurs de production : agricole, industriel et des services. Elle veillera à ce que les habitants des régions moins développées se sentent et soient le plus possible responsables et promoteurs de leur relèvement économique.

Rappelons enfin que l'initiative privée doit contribuer à établir l'équilibre économique et social entre régions d'un même pays. Et c'est pourquoi, en vertu du principe de subsidiarité, les pouvoirs publics doivent venir en aide à cette initiative et lui confier de prendre en main le développement économique, dès que c'est efficacement possible.

#### ELIMINATION OU RÉDUCTION DES DÉSÉQUILIBRES ENTRE TERRE ET PEUPLEMENT

Il convient de noter ici qu'il existe en plusieurs pays des déséquilibres marqués entre terre et peuplement. Dans certains pays, les hommes sont rares et les terres cultivables abondent ; en d'autres régions, à l'inverse, les hommes abondent et les terres cultivables sont rares.

En d'autres pays, malgré la richesse des ressources potentielles, le caractère primitif des cultures ne permet pas de produire des biens en suffisance pour satisfaire aux besoins élémentaires de la population. Ailleurs, la modernisation très poussée des cultures entraîne une surproduction de biens agraires, avec une incidence négative sur l'économie nationale.

Il est évident que solidarité humaine et fraternité chrétienne requièrent entre peuples des rapports de collaboration active et variée. Celle-ci doit favoriser les mouvements de biens, d'hommes, de capitaux, en vue d'éliminer ou au moins de réduire les déséquilibres trop profonds. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

Mais Nous voulons exprimer ici Notre sincère estime envers l'œuvre, hautement bienfaisante, exercée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (F. A. O.) ; elle s'emploie à favoriser entre peuples une entente féconde, à promouvoir la modernisation des cultures, surtout dans les pays en voie de développement, à soulager la misère des populations sous-alimentées.

#### EXIGENCES DE LA JUSTICE DANS LES RELATIONS ENTRE PAYS INÉGALEMENT DÉVELOPPÉS

##### LE PROBLÈME DE NOTRE ÉPOQUE

Le problème le plus important de notre époque est peut-être celui des relations entre communautés politiques économiquement développées et pays en voie de développement économiques. Les premières jouissent d'un niveau de vie élevé, les autres souffrent de privations souvent graves. La solida-

rité qui unit tous les hommes en une seule famille impose aux nations qui surabondent en moyens de subsistance le devoir de n'être pas indifférentes à l'égard des pays dont les membres se débattent dans les difficultés de l'indigence, de la misère, de la faim, ne jouissent même pas des droits élémentaires reconnus à la personne humaine. D'autant plus, vu l'indépendance de plus en plus étroite entre peuples, qu'une paix durable et féconde n'est pas possible entre eux si sévit un trop grand écart entre leurs conditions économiques et sociales.

Conscient de Notre universelle paternité, Nous éprouvons le devoir de répéter solennellement ce que déjà Nous avons affirmé : « *Nous sommes tous solidairement responsables des populations sous-alimentées... \* aussi bien faut-il former les consciences au sens de la responsabilité qui incombe à tous et chacun et spécialement aux plus favorisés* » \*\*.

Il est évident que le devoir, que l'Eglise a toujours proclamé, de venir en aide à qui se débat dans l'indigence et la misère doit être spécialement ressenti par les catholiques. Le fait d'être membres du Corps mystique du Christ est pour eux le plus noble motif. « *En cela nous avons connu la charité divine, proclame l'apôtre Jean, que Jésus a donné sa vie pour nous. De même, nous devons donner notre vie pour nos frères. Celui qui posséderait les biens du monde, et, voyant son frère dans le besoin, lui fermerait son cœur, comment la charité divine pourrait-elle demeurer en lui ?* » \*\*\*.

Nous voyons donc avec plaisir les nations qui disposent de régimes économiques hautement productifs venir en aide aux peuples en voie de développement économique, de sorte qu'ils aient moins de difficultés à améliorer leurs conditions de vie.

#### SECOURS D'URGENCE

En certains pays, les biens de consommation, surtout les fruits de la terre, sont produits en excédent. En d'autres, de larges couches de la population combattent la misère et la faim. Justice et humanité requièrent que les premiers viennent au secours des seconds. Détruire ou gaspiller des biens qui sont indispensables à la survie d'êtres humains, c'est blesser la justice et l'humanité.

Nous le savons, une production de biens surtout agricoles, excédentaire par rapport aux besoins d'une communauté politique, peut avoir des répercussions économiques nuisibles à certaines catégories de citoyens. Ce n'est pas là une raison qui dispense de l'obligation de porter un secours d'urgence aux indigents et aux affamés. Toutes mesures doivent cependant être prises pour que ces répercussions soient limitées et équitablement réparties entre tous les citoyens.

#### COOPÉRATION SCIENTIFIQUE, TECHNIQUE ET FINANCIÈRE

Certes, les secours d'urgence répondent à un devoir d'humanité et de justice. Ils ne suffisent pas toutefois à éliminer, pas même à réduire, les causes qui engendrent en beaucoup de pays un état permanent d'indigence, de misère ou de famine. Ces causes proviennent avant tout d'un régime écono-

\* *Allocutio*, habita die 3 maii anno 1960, cf. A. A. S.,

LII, 1960, p. 465.

\*\* Cf. *Ibid.*

\*\*\* *I. Jean*, III, 16-17.

mique primitif ou arriéré. Elles ne peuvent être éliminées ou comprimées que par diverses organisations coopératives, qui donneront aux habitants aptitudes et qualifications professionnelles, compétence technique et scientifique. Elles mettront à leur disposition les capitaux indispensables pour mettre en route et accélérer le développement économique suivant les normes et les méthodes modernes.

Nous savons fort bien qu'en ces dernières années une conscience plus universelle, plus approfondie, a été prise du devoir de s'employer à favoriser le développement économique et le progrès social dans les pays qui se débattent dans les plus grandes difficultés.

Des organisations mondiales et régionales, des Etats, des fondations, des sociétés privées offrent à ces pays, en mesure croissante, leur coopération technique dans tous les domaines de la production. Les facilités offertes à des milliers de jeunes se multiplient afin qu'ils puissent étudier dans les Universités des pays plus développés, acquérir une formation scientifique, technique et professionnelle qui réponde à notre époque. Des instituts bancaires à rayon mondial, les Etats, des personnes privées apportent des capitaux, mettent en œuvre un ensemble croissant d'initiatives économiques dans les pays en voie de développement. Nous ne pouvons toutefois ne pas observer que la coopération scientifique, technique et économique entre communautés politiques économiquement développées et pays qui sont encore au début ou aux premiers pas de leur développement, veut une autre ampleur que celle que nous connaissons. Il est à désirer que les prochaines décennies soient témoins de ces relations accrues entre pays développés et pays en voie de développement.

A ce propos, Nous estimons opportuns quelques rappels et quelques réflexions.

#### EVITER LES ERREURS DU PASSÉ

C'est sagesse que les pays qui sont au début ou aux premiers stades de leur développement économique tiennent compte des expériences vécues par les pays économiquement développés.

Produire plus et mieux est raison et inévitable nécessité. Il est non moins nécessaire et juste que les richesses produites soient équitablement réparties parmi tous les membres de la communauté. Il faut donc veiller à ce que développement économique et progrès social aillent de pair. Cela comporte que ce développement soit autant que possible graduel et harmonieux entre les secteurs de production : agriculture, industrie, services.

#### RESPECT DU AUX CARACTÉRISTIQUES DE CHAQUE PAYS

Les communautés politiques en voie de développement économique ont, d'ordinaire, leur individualité qui ne peut être confondue ; qu'il s'agisse de leurs ressources, des caractères spécifiques de leur milieu naturel, de leurs traditions souvent

riches de valeurs humaines, des qualités typiques de leurs membres.

Les pays économiquement développés, leur venant en aide, doivent discerner, respecter cette individualité, vaincre la tentation qui les porte à projeter leur propre image sur les pays en voie de développement.

#### ACTION DÉSINTÉRESSÉE

Les Etats économiquement développés doivent, en outre, veiller avec le plus grand soin, tandis qu'ils viennent en aide aux pays en voie de développement, à ne pas chercher en cela leur avantage politique, en esprit de domination.

Si cela venait à se produire, il faudrait déclarer hautement que c'est là établir une colonisation d'un genre nouveau, voilée sans doute, mais non moins dominante que celles dont de nombreuses communautés politiques sont sorties récemment. Il en résulterait une gêne pour les relations internationales et un danger pour la paix du monde.

Il est donc indispensable, et la justice exige, que cette aide technique et financière soit apportée dans le désintéressement politique le plus sincère. Elle doit avoir pour objet de mettre les communautés en voie de développement économique à même de réaliser par leur propre effort leur montée économique et sociale.

De la sorte, une contribution précieuse aura été apportée à la formation d'une communauté mondiale, dont tous les membres seront sujets conscients de leurs devoirs et de leurs droits, travailleront en situation d'égalité à la réalisation du bien commun universel.

#### RESPECT DE LA HIÉRARCHIE DES VALEURS

Le progrès scientifique et technique, le développement économique, de meilleures conditions de vie, voilà des éléments incontestablement positifs d'une civilisation. Il Nous faut toutefois rappeler que ce ne sont, en aucune manière, des valeurs suprêmes, mais essentiellement des moyens en vue de la valeur absolue.

Avec amertume il Nous faut observer que dans les pays économiquement développés la conscience de la hiérarchie des valeurs s'est affaiblie, éteinte, inversée en trop d'êtres humains. Les valeurs de l'esprit sont négligées, oubliées, niées. Le progrès des sciences et des techniques, le développement économique, le bien-être matériel ont les faveurs ; souvent on les recherche comme biens supérieurs, on en fait l'unique raison de vivre. C'est l'embûche la plus dissolvante, la plus délétère, insinuée dans l'action qu'exercent les peuples économiquement développés auprès des peuples en voie de développement, alors que parmi ces derniers souvent les traditions ancestrales ont conservé vif et efficace le sens de certaines valeurs humaines et des plus importantes.

Blessar cette conscience est immoral par essence. Elle doit, au contraire, être respectée, éclairée autant que possible et développée, afin de demeurer ce qu'elle est : fondement de civilisation vraie.



## GUIDE NATIONAL DE L'AGRICULTURE FRANÇAISE.

La publication de la septième édition du **Guide National de l'Agriculture Française**, sous le patronage et le contrôle des Ministères de l'Agriculture, du Commerce et de l'Industrie, des Finances (Secrétariat d'Etat aux Affaires Economiques) et de diverses organisations agricoles, est actuellement en cours à la Régie Nationale de Publications Officielles, 32, avenue de l'Opéra, Paris (II<sup>e</sup>).

Cet ouvrage, qui comporte huit fascicules correspondant aux huit régions économiques couvrant le territoire métropolitain, est indispensable à toute personne s'intéressant aux problèmes de l'agriculture. Il comporte une somme de renseignements de la plus haute importance sur les organismes administratifs, coopératifs, mutualistes, syndicalistes de l'agriculture, de même que sur l'enseignement, la presse agricole, les foires et les marchés en France et sur les organisations agricoles groupées dans le cadre de la Communauté Economique Européenne dans tous les pays du Marché Commun.

Cette documentation concerne ces différents organismes sur le plan général dans une partie commune à tous les fascicules et, sur le plan local, dans une partie propre à chacun d'entre eux.

Il est en vente à la R N P O, 32, avenue de l'Opéra, Paris (II<sup>e</sup>), au prix de : NF. 30, le fascicule, NF. 156, la collection complète.

Ci-dessous le sommaire :

### SOMMAIRE

#### PREMIÈRE PARTIE : Documentation Générale

Assemblées, Ministères, Services Publics  
Ministère de l'Agriculture :  
Direction des Affaires Economiques,  
Direction des Actions Techniques,  
Direction Générale de l'Enseignement de la Vulgarisation,  
Inspection Générale de l'Agriculture,  
Direction Générale des Eaux et Forêts,  
Direction Générale du Génie Rural et de l'Hydraulique Agricole,  
Direction des Affaires Professionnelles et Sociales,  
Direction de l'Administration Générale et du Personnel,  
Service Vétérinaire,  
Service de la Répression des Fraudes.  
Enseignement agricole,  
Recherches. Expérimentation,  
Statut Juridique de la Coopération,  
Chambres d'Agriculture,  
Syndicats,  
Mutualité et Crédit,

Organismes Interprofessionnels,  
Coopératives,  
Associations, Sociétés Agricoles et Commerciales, Organisations en liaison avec l'Agriculture,  
Organismes Publics et Divers,  
Organismes Internationaux et Etrangers,  
Organisations Etrangères, Membres de la F.I.P.A.,  
Industrie. Commerce,  
Presse Agricole,  
Enquête sur les perspectives de l'Agriculture française dans le cadre du Marché Commun,  
Communauté Economique Européenne,  
Commission Européenne,  
Assemblée Parlementaire Européenne,  
Comité Economique et Social,  
Direction Générale de l'Agriculture.

#### DEUXIÈME PARTIE : Documentation Départementale

##### I SERVICES OFFICIELS :

- a) Agricoles,
- b) Préfecture,
- c) Autres.

##### II ORGANISATIONS AGRICOLES :

- a) Syndicats,
- b) Chambre d'Agriculture,
- c) Crédit,
- d) Mutualité,
- e) Coopération.

##### III ENSEIGNEMENT. FOYERS RURAUX :

##### IV COMMERCE. ARTISANAT.

##### V PARLEMENTAIRES. CONSEIL GÉNÉRAL :

- a) Députés,
- b) Sénateurs,
- c) Conseillers Généraux.

##### VI CHASSE. PÊCHE.

##### VII PRESSE AGRICOLE ET D'INFORMATION.

### NOUVEAU PÉRIODIQUE.

Un nouveau périodique « *Etudes rurales* » vient de paraître. Cette revue trimestrielle est publiée par l'Ecole pratique des Hautes Etudes. Sixième Section : Sciences Economiques et Sociales. Division des aires culturelles.

L'abonnement est, pour les pays français ou extrançais, de 25,00 NF. On peut s'abonner chez Mouton et Co, 68, quai des Orfèvres, Paris 1<sup>er</sup>, C.C.P. : Paris n° 50-6796.

### NORMALISATION INTERNATIONALE. — PRODUITS AGRICOLES ALIMENTAIRES. — MOYENS DE REPRODUCTION.

Le Sous-comité ISO/TC 34 SC 1 « Moyens de reproduction » du Comité technique ISO/TC 34 « Produits agricoles alimentaires » de l'Organisation internationale de Normalisation ISO, dont le comité-membre français est l'AFNOR, s'est réuni à Paris du 18 au 21 avril 1961, sous la présidence de M. DUVAL, Directeur technique de l'AFNOR.

Les pays suivants étaient représentés : Allemagne, France (chargée du secrétariat), Hongrie, Pays-Bas, Royaume-Uni, Tchécoslovaquie, U.R.S.S.

Son titre a été adopté et les limites d'activité du domaine de ses travaux ont fait l'objet d'un important échange de vues nécessitant de poser certaines questions de principe au Comité plénier ISO/TC 34.

La définition, la taxinomie ainsi que les méthodes de description et d'identification des cultivars, de même que l'unification des noms scientifiques des espèces cultivées ont été considérées comme devant faire l'objet de travaux de normalisation après accord des Organisations internationales intéressées et en liaison étroite avec elles.

Les conditions de coopération étroite entre l'ISO et l'Association Internationale d'essais de semences, ISTA ont été établies et, dans l'attente d'un examen par l'ISTA des observations faites par les Comités membres du Sous-comité, un accord a été obtenu sur l'adoption par l'ISO des méthodes actuelles de l'ISTA.

Un large échange de vue a eu lieu avec la Fédération Européenne de Zootechnie (Fez) et le Comité Européen de contrôle laitier beurrier (CECLB) au sujet des questions intéressant les reproducteurs bovins, ovins et porcins. Les conditions d'une coopération étroite ont été envisagées et l'examen des méthodes de contrôle laitier beurrier du CECLB a été décidé.

L'étude des problèmes avicoles en liaison étroite avec la FAO a également été estimée souhaitable.

La création d'un groupe de travail pour étudier la normalisation des géniteurs de carpe a enfin été envisagée favorablement.

Association française de normalisation.

Communiqué à la Presse. N° 744.

Juillet 1960.

## INSTITUT DU DÉSERT. NIGER.

La République du Niger a proposé la création avec l'aide de l'UNESCO, d'un Institut international de la zone aride pour les pays de l'Afrique au sud du Sahara, et particulièrement de la région du Sahel, comprenant le Mali, la Mauritanie, le Niger et le Tchad. Il pourrait être situé dans la région d'Agadès, et se tiendrait en liaison avec les régions sahariennes de l'Afrique du Nord. Il constituerait un centre de recherche, de formation, d'enseignement et d'échange d'informations.

## SEMENCES.

La revue « Fourrage » a consacré son numéro (5) de mars 1961, à l'étude des questions relatives à la production des semences des plantes fourragères en France, et à la possibilité de leur exportation.

Cet organe trimestriel est la Revue de l'Association Française pour la Production Fourragère. Elle a comme adresse :

A F P F

Centre National de Recherches Agronomiques,  
route de Saint-Cyr,  
Versailles (Seine-et-Oise).

Le numéro 5, est un numéro spécial publié à l'occasion de l'Année Mondiale des Semences.

Aucun des articles parus dans ce numéro est consacré directement aux cultures tropicales.

Après du sommaire :

BUSTARRET (J.). — Introduction.

VILMORIN (A. de). — Les variétés fourragères, espoir de nouveaux progrès en agriculture.

LAVAUT (P.). — Importance des semences fourragères dans l'économie agricole.

WYBO (B.). — Les semences françaises et l'exportation.

MAYER (R.). — Qu'est-ce qu'une semence de qualité ?

Les variétés sélectionnées de plantes fourragères :

a) Essai de définition des besoins des utilisateurs (quatre études).

b) Principaux résultats obtenus en France avec les variétés actuelles de Graminées et Légumineuses fourragères (six études).

La production de semences sélectionnées de plantes fourragères (six études).

## ÉVOLUTION DU MARCHÉ DU THÉ EN 1960.

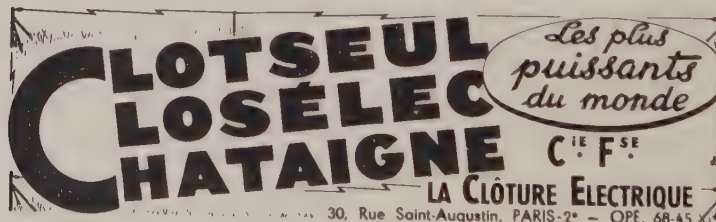
Le marché du thé a été difficile courant 1960. On en rend responsable la sécheresse, qui a sévi dans l'Inde, le Pakistan et la Chine. La production, dans l'Inde, aurait baissé de 15.500 t, et au Pakistan de 6.800 t, par rapport aux productions de 1959. Aucun chiffre n'est donné pour la Chine, mais le peu de thé de bonnes qualités offert sur le marché fait présumer que la récolte chinoise a été faible.

Au contraire, à Ceylan, la production est d'importance : 197.500 t, soit une augmentation de un vingtième, dans l'Inde du sud la production de 177.100 t est également supérieure à celle de l'année 1959.

L'Afrique Orientale et l'Argentine ont augmenté la leur.

La production mondiale est inférieure de 4.000 t à celle de l'année passée, d'où début de hausse pour les basses qualités. Les prix en fin 1960, étaient aussi élevés qu'en fin 1959, et aucune baisse des cours n'est à espérer durant 1961.

Marchés Tropicaux et Méditerranéens.  
Paris, 1961 (18 mars).





# I

## OUVRAGES ET DOCUMENTS

16-89

ARCHAMBAULT (J.). — **Les eaux souterraines de l'Afrique occidentale.** Bureau Central d'études pour les équipements d'outre-mer, 90 bd. Latour-Maubourg, Paris VII, édit., 1 vol. cartonné, 27 × 21 cm, 1961, 136 p., 24 phot., deux cartes hors-texte, 29 planches.

L'ouvrage se compose de trois parties :

### PREMIÈRE PARTIE.

#### Généralités.

Données sommaires sur la géologie de l'Afrique occidentale (stratigraphie, tectonique, caractères hydrologiques généraux).

La genèse des eaux souterraines en Afrique occidentale (données climatiques, alimentation des nappes de l'Afrique occidentale, évaporation des nappes).

Caractères généraux des nappes superficielles (nappes des terrains d'altération, nappes des sables éoliens).

### DEUXIÈME PARTIE.

#### Description des principaux systèmes aquifères.

Terrains cristallins et précambriens (roches basiques, socle archéen et granites, Précambrien moyen et supérieur).

Terrains primaires (Cambrien, Ordovicien, Gothlandien, Dévonien et Carbonifère).

Bassins sédimentaires post-primaires (bassin du Sénégal, bassin de la Mauritanie, bassin de la Guinée, bassin de Côte d'Ivoire, bassin du Dahomey et du Togo, bassin du Soudan et du Niger).

### TROISIÈME PARTIE.

#### Répertoires et Index.

Bibliographie sommaire (trois pages). Index des lieux cités. Répertoire des termes techniques.

Deux planches hors-texte :

a) Formations hydrogéologiques de l'Afrique occidentale et plan de situation des figures du texte à 1/6.000.000 ;

b) Coupes à 1/6.000.000.

16-90

FOUCAULT (H. de). — **Aspects de l'agriculture européenne.** *Bulletin mensuel de l'Ecole Supérieure d'Agriculture et de Viticulture d'Angers*, 33, rue Rabalais, Angers (Maine-et-Loire), édit., un vol. 13,5 × 21 cm, 37<sup>e</sup> an., n° 381, 1959 (déc.), 4 NF, 340 p.

L'ouvrage se compose de cinq études :

Hautes techniques animales dans l'Europe du nord-ouest.

Campagnes industrielles dans le sud-ouest de l'Europe germanique.

Le renouveau de l'agriculture anglaise.

Des prairies de la Biscaye aux huertas méditerranéennes.

La plaine du Pô.

« L'ouverture des pays européens les uns aux autres se développera d'autant plus sûrement qu'une information précise atteindra les personnes engagées dans la vie économique et culturelle. Il convient de connaître les conditions d'exploitation des agricultures européennes ; il convient aussi de savoir que, depuis huit ans, le Conseil de l'Europe a très largement préparé les voies à une coordination de ces agricultures. »

16-91

**Atti del Centro Nazionale Meccanico agricolo.**

Turin. Volume III, 1960. (Actes du Centre National de la Machine Agricole). 1 vol., 29 × 21 cm, 348 p., graphiques, tableaux, photographies en couleurs, bibliographie.

L'ouvrage comprend deux sections, une de mécanique, une autre d'agronomie.

La première section contient quatorze articles. On peut signaler les suivants :

PRIORELLI (G.). — **Prove prelliminari di trapiantatrici da riso.** Comparaison de trois planteuses de riz, deux automatiques pour le repiquage dans un terrain mouillé, une semi-automatique pour repiquage en terrain sec.

La deuxième section, celle d'agronomie, contient quatorze articles. On peut signaler les suivants :

LUPPI (G.). — **Relazione sull'attività del campo sperimentale per l'irrigazione dell'agro di Poirino nel 1958.** Entre autres plantes sur lesquelles les essais d'irrigation ont été effectués, on peut citer : le maïs, le pois-vron...

MATTEI (F.), SEBASTIANI (L.). — **Concimazioni e irrigazioni nella cultura del maïs da foraggio.** Culture du maïs fourrager irrigué.

SASSO (G.). — **Prove di semina meccanica del maïs concimazioni localizzata.** Etude sur le semis mécanique du maïs avec fumure localisée.

SASSO (G.). — **Sistema evaporante a rotoventilazione per l'elettroessiccamento di prodotti agricoli.** Description d'un séchoir électrique pour maïs, riz, etc.

SASSO (G.). — **Esperienze di elettroessiccamento rapido del riso con il sistema a rotoventilazione.** Etude sur le séchage du riz.

## 16-92

E. GONZALEZ SIALIA. — **El cultivo de los agrinos.** (La culture des agrumes). Instituto de Investigaciones Agronomicas, Madrid, édit. 1960, 806 pages, 149 fig., 14 planches, tableaux, bibliographie très importante en fin des chapitres.

Cet important ouvrage est divisé en vingt chapitres étudiant tous les aspects de la culture des agrumes, chaque chapitre étant suivi d'une bibliographie :

L'origine des agrumes et le développement général de leur culture (p. 1-6).

Les agrumes dans le monde : zones méditerranéenne, nord-américaine, sud-américaine, sud-africaine, du sud-est asiatique, australienne (p. 17-80).

Les agrumes en Espagne (p. 80-110).

Conditions de climat de cette culture (p. 111-26).

Conditions de sol (p. 127-40).

Variétés cultivées (p. 141-226).

Morphologie et anatomie (p. 227-92).

Physiologie (p. 293-356).

Amélioration des variétés (p. 357-90).

Fumure (p. 391-432).

Irrigation (p. 433-58).

Taille et greffage (p. 459-88).

Façons culturales (p. 489-528).

Multiplications végétative et sexuée (p. 529-54).

Constitution de la plantation (p. 555-81).

Récolte et conditionnement des fruits (p. 583-610).

Accidents météorologiques affectant la production (p. 611-60).

Viroses (p. 661-86).

Maladies fongiques et moyens de lutte (p. 687-706).

Parasites animaux et moyens de lutte (p. 707-93).

## 16-93

KOOL (R.). — **Tropical agriculture and economic development.** (L'agriculture tropicale et le développement économique). H. Veenman et Zonen, Wageningen, Hollande, édit., 1960, 1 livre cartonné 15 × 21 cm, 151 p.

### Sommaire :

- 1) Le problème du développement économique des régions tropicales.
- 2) Conséquences économiques du milieu tropical.
- 3) Rentabilité du travail du cultivateur des tropiques.
- 4) Faiblesse économique de l'agriculture tropicale.
- 5) Prix de revient dans l'exploitation agricole tropicale.
- 6) Quelques aspects industriels et commerciaux de l'agriculture tropicale.
- 7) Concentration économique et développement tropical.
- 8) Recherche de marchés pour les produits tropicaux.
- 9) Portée d'une politique sociale.
- 10) Coopératives et développement tropical.
- 11) Equilibre monétaire et développement tropical.
- 12) Mesures pour améliorer les conditions rurales.

## II

## EXTRAITS BIBLIOGRAPHIQUES

### 16-94

VENEMA (K. C.). — **Some notes regarding the nitrate and ammonia content of tropical rains and that of a number of tropical soils.** (Notes sur le taux d'azote et d'ammoniaque contenu dans les pluies tropicales et dans un certain nombre de sols tropicaux). International Fertilizers Limited, Keizersgracht 241, Amsterdam 6, Hollande, vol. 4, n° 2, 1961 (avril), p. 1-39, bibliographie de trente-neuf références.

Les expériences classiques à long terme faites à Rothamsted ont montré que le taux d'azote de la parcelle n° 3 (non fertilisée) de Broadbalk Field, à une profondeur de 23 cm, a été d'environ 1 % en 1865 et était encore d'environ 1 % en 1936, bien qu'entre temps on ait moissonné soixante-dix récoltes de blé, contenant au total environ 2.354 kg d'azote, et qu'approximativement 1.130 kg d'azote aient été perdus dans l'eau de drainage.

Le champ non fertilisé de Geescroft à Rothamsted, dépourvu de plants capables de fixer l'azote, a gagné en vingt ans une quantité d'azote atteignant 560 kg à l'hectare, sans tenir compte des pertes considérables dues au drainage. La végétation naturelle des plaines de terre noire en Russie, du veld d'Afrique du sud et des vastes prairies du nord de l'Amérique a continué

à vivre pendant des centaines de milliers d'années permettant à des billions d'animaux variés de subsister, et pourtant, quand les premiers colons ont pris possession du sol, ils ont trouvé, non un désert stérile, mais un sol vierge fertile.

Un certain nombre d'observations semblables, mentionnées dans la littérature agricole, permettent de penser qu'il doit exister un facteur provoquant un apport d'azote dans le sol, ce qui non seulement compense des pertes par drainage mais a souvent pour résultat un gain notable dans le taux d'azote. Dans le cas des observations ci-dessus faites à Rothamsted, l'addition annuelle d'azote au sol était de 37 à 45 livres d'azote à l'acre = 41-50 kg d'azote/ha ce qui équivaut à 167-248 livres/acre = 184-225 kg/ha d'acide nitrique concentré.

Il serait illusoire de croire que ce facteur inconnu se trouve dans la fixation microbiologique de l'azote gazeux, car cela implique l'oxydation de 45 kg d'hydrates de carbone pour la fixation de 0,45 kg d'azote.

Toute la matière organique du sol serait donc détruite en peu de temps, ce qui empêcherait toute fixation par la suite. Les sols arables reçoivent la matière organique des résidus des récoltes qui poussent dessus, c'est-à-dire les racines, les tiges et les feuilles.

Si l'on évalue la quantité annuelle maximum à 4.461 kg/ha et si l'on admet que les microorganismes fixant l'azote représentent moins de 1 % de la population du sol total, peuvent utiliser 10 % des résidus organiques, la fixation annuelle ne pourrait dépasser

5,6 kg d'azote par hectare. Ce taux de fixation de l'azote n'est possible que sur des sols neutres bien aérés et bien drainés, contenant suffisamment de calcium. Avec le grand nombre de sols tropicaux et subtropicaux latéritiques, acides et pour la plupart pauvres en calcium, la fixation microbiologique de l'azote serait pratiquement inexistante. La fixation de l'azote par les Légumineuses pourrait expliquer en partie l'addition d'azote au sol, mais de vastes zones de la surface terrestre ne portent pas de plantes capables de fixer l'azote gazeux.

La fixation de l'azote en symbiose ne se limite pratiquement pas aux Légumineuses, mais peut aussi être déclenchée par des bactéries vivant dans les nodules radicaires de certains arbres du genre *Casuarina*, dans les nœuds foliaires de certaines Rubiaceae tropicales comme *Pavetta* et *Chomelia* et dans les nœuds foliaires de la monocotylédone tropicale *Dioscorea*. Elle peut l'être aussi par un actinomycète vivant dans les nodules radicaires de l'aunle et par des champignons vivant dans l'ivraie et quelques plantes de la famille des Ericacées. Comme l'a signalé RUSSEL, tout cela doit être vérifié. Cela s'applique aussi aux observations sur la fixation de l'azote à la surface des sols par action phytochimique.

Dans les régions tropicales en particulier, certaines algues bleu-vert fixant l'azote sont d'une très grande importance dans la culture du riz. Ce sont souvent les organismes qui prédominent dans la croûte d'algues sur les sols désertiques. Bien que ces organismes puissent fixer l'azote gazeux dans un milieu dépourvu d'azote et d'hydrate de carbone, en prenant leur carbone dans le dioxyde de carbone de l'atmosphère, ils préfèrent les hydrates de carbone ; dans ce dernier cas la croissance et la fixation d'azote doublent presque. Tant qu'il y a des hydrates de carbone ils en consomment 49,9 kg pour la fixation de 0,45 kg d'azote gazeux. Dans les milieux ayant un pH inférieur à 5,7 approximativement ou supérieur à 9,0 leur pouvoir de fixation est pratiquement nul.

En cherchant le facteur inconnu, INGHAM a attiré l'attention sur une théorie oubliée de LIEBIG, selon laquelle le taux d'azote du sol se maintient par addition de composés azotés contenus dans la pluie et aussi par suite de l'absorption de l'azote de l'air par des colloïdes organiques et inorganiques dans le sol de surface.

Cette théorie de LIEBIG a été mise à l'épreuve par INGHAM qui a exposé des papiers-filtres Whatman non azotés à la brise de manière à ce qu'ils soient protégés des pluies. En sept jours ces filtres celluloseux ont absorbé 31 ppm d'azote ammoniacal et 9 ppm d'azote nitreux de l'air. Les filtres celluloseux, légèrement acidifiés avec 0,01 d'acide chlorhydrique, ont absorbé 100-113 ppm d'azote ammoniacal et 9-13 ppm d'azote nitreux dans le même laps de temps. On a obtenu des résultats analogues en utilisant des matières celluloseuses naturelles sèches, telles qu'on les trouve dans les résidus de récolte, en particulier celles qui contiennent une forte proportion de fibre. Dans les circonstances mentionnées ci-dessus la fibre de jute et celle de sisal ont absorbé en moyenne en sept jours 51-84 ppm d'azote ammoniacal et 19-20 ppm d'azote nitreux. En outre elles ont retenu 70-103 ppm de CaO et 5-10 ppm de  $P_2O_5$ .

Selon BLACKTIN ces substances existent dans l'atmosphère sous la forme d'un aérosol ayant des particules d'un diamètre variant de  $10^{-5}$  à  $10^{-7}$  cm. Ces particules sont en partie solubles dans l'eau et ne se stabilisent pratiquement pas dans une atmosphère calme.

Bien que le taux d'aérosol dans l'air soit extrêmement faible, l'adsorption par des substances chargées d'électricité comme la cellulose, les lignines et l'humus à la surface du sol, peut être considérable car l'air est constamment en mouvement, et, même avec une brise légère, plus de 30.000 m<sup>3</sup> d'air entrent en contact avec un obstacle, une plante par exemple, en vingt-quatre heures.

Comme l'ont observé ISRAËL, JUNGÉ et d'autres, une partie considérable des particules d'aérosol sont chargées d'électricité. En temps que macro-ions, elles jouent un rôle important dans un certain nombre de phénomènes météorologiques. Elles s'unissent avec les

ions de l'atmosphère, libérés par le passage de rayons lumineux ou autres, ce qui influence beaucoup le degré d'ionisation et la conductivité de l'air. En outre, elles ont une grande influence sur le passage de la lumière à travers l'atmosphère et sur la dispersion de la lumière. Selon les calculs de JUNGÉ, cité par ISRAËL, le nombre normal d'ions/cm<sup>3</sup> d'air atmosphérique pur non contaminé a varié entre  $10^{2,5}$  et  $10^{3,8}$ , tandis que celui des macro-ions, à diamètre de  $10^{-7}$  à  $10^{-5}$  cm, a varié de  $10^{2,8}$  à  $10^{4,4}$ .

Dans l'air atmosphérique contaminé par les industries et les villes, le nombre de macro-ions par cm<sup>3</sup> a varié de  $2 \times 10^4$  à  $2 \times 10^5$ . Les expériences de ROSSI ont montré que des couches de sol peu épaisses, exposées à l'air, absorbent approximativement de 20 à 25 kg d'azote à l'hectare par an, soit 18-22 lb/acre/an équivalent à 88-111 kg/ha/an de nitrate.

Cette fixation est indépendante de toute action bactérienne.

Comme l'a montré INGHAM, les papiers filtres en cellulose peuvent servir d'adsorbants des centaines de fois en alternant le mouillage et le séchage. De la même façon l'humus contenu dans le sol de surface peut adsorber continuellement les aérosols par mouillage et séchage alternés comme l'a montré LEBEDJANTZEV.

Ces essais mettent en lumière la part importante jouée par la fraction très résistante de l'humus à la surface du sol, en adsorbant les éléments nutritifs dans les aérosols de l'air et en les faisant passer dans le sous-sol en solution aqueuse par l'intermédiaire de la pluie.

Cela explique les résultats de SREENIVASAN, qui obtint des augmentations de récolte de 80 % en couvrant ses parcelles expérimentales de 5 cm de sol de surface prélevé sur d'autres parcelles. Cela explique en outre les données citées par BENNET, d'après lesquelles les rendements peuvent baisser de 80 % quand la surface du sol est enlevée par l'érosion en nappe.

Pendant ses études du sol en Indonésie l'auteur a observé que sur une grande proportion d'échantillons de sol provenant de Java, le sol de surface présentait un taux d'éléments nutritifs bien plus élevé que les couches de sol profonds. Cela a été attribué à l'activité récente d'un certain nombre de volcans sur l'île de Java. Selon WHITE, la surface totale de Java a été couverte d'une couche neuve de cendres volcaniques apportées par le vent, au cours des quatre éruptions récentes de Gunung Galunggung en 1894, du Gunung Krakatoa en 1883, du Gunung Kelut en 1901 et 1919 ; en beaucoup de régions on peut voir les trois couches de cendre superposées.

Si l'on considère la quantité de cendre volcanique déposée à la surface du sol et son taux d'éléments nutritifs, il faut citer les observations de KOBUS résumées au tableau 1.

ERUPTION DU G. KELUT EN 1901

TABLEAU N° 1

| Distance en km<br>du centre d'éruption | Quantités en kg/ha |                  |        |        |
|----------------------------------------|--------------------|------------------|--------|--------|
|                                        | Cendres            | K <sub>2</sub> O | CaO    | MgO    |
| 20                                     | 370.000            | 2.600            | 37.000 | 14.000 |
| 40                                     | 70.000             | 504              | 7.000  | 2.500  |
| 320                                    | 17.000             | 123              | 1.680  | 625    |

Les particules de ces cendres transportées par le vent sont généralement trop grosses pour être considérées comme un véritable aérosol ; leur diamètre varie de 0,5 à 0,005 mm, d'après les données publiées par BAAK sur les cendres du Gunung Kelut en 1919, et citées par MOHR et VAN BAREN. On ne peut considérer comme vrais aérosols que 1 à 2 % des cendres émises, le diamètre de leurs particules était plus petit que 0,5 micron. Malgré cela la quantité totale de cendres peut être énorme. On peut le déduire des données four-

nies par VERBEEK sur l'éruption du Gunung Krakatoa en 1883. La quantité totale de cendres fut évaluée à 75.000.000 tonnes métriques, contenant 1.500.000.000 tonnes métriques de  $K_2O$  total et 30.000.000 tonnes métriques de  $K_2O$  soluble dans de l'acide citrique à 2 %. La partie de ces cendres sous forme d'aérosols a été transportée dans le monde entier et était encore visible dans l'atmosphère trois ans plus tard, même à une altitude de 50 km, ce qui est bien au-dessus de la stratosphère.

Il est évident que ces quantités énormes de matière volcanique élèvent le taux d'éléments nutritifs des sols de surface, parce que ces cendres en contiennent une grande quantité, en partie facilement utilisables comme le montrent les analyses de deux échantillons des cendres volcaniques récemment recueillies. L'échantillon A représente la cendre de l'éruption de 1919 du Gunung Kelut, l'échantillon B celle de l'éruption de 1920 du Gunung Merapi.

Les données du tableau 2 illustrent la merveilleuse fertilité des cendres volcaniques fraîches ci-dessus mentionnées.

TABLEAU N° 2

|                                        | Echantillon A | Echantillon B |
|----------------------------------------|---------------|---------------|
| % particules > 2 mm                    | 0,0           | 0,0           |
| % » 2-0,05                             | 22,0          | 42,4          |
| % » 0,05-0,005 mm                      | 70,3          | 50,6          |
| % » < 0,005 mm                         | 7,7           | 7,0           |
| % $P_2O_5$ solution 25 % HCl           | 0,081         | 0,181         |
| % $P_2O_5$ solution 2 % acide citrique | 0,041         | 0,105         |
| % $P_2O_5$ solution $H_2O$             | traces        | traces        |
| % $K_2O$ Analyse de Bausch             | 0,960         | 2,390         |
| % $K_2O$ solution 25 % HCl             | 0,064         | 0,087         |
| % $K_2O$ solution 2 % acide citrique   | 0,027         | 0,058         |
| % $K_2O$ solution $H_2O$               | traces        | 0,040         |
| % CaO solution 25 % HCl                | 1,366         | 1,032         |
| % CaO solution 10 % $NH_4Cl$           | 0,208         | 0,238         |
| % CaO solution $H_2O$                  | 0,151         | 0,171         |
| % MgO sol. 25 % HCl                    | 0,178         | 0,050         |

On a également fait une analyse NEUBAUER pour évaluer la disponibilité de la quantité totale de  $K_2O$  soluble dans 25 % de ClH : les résultats ont été une absorption de 14,8 % pour l'échantillon A et 11,3 % pour l'échantillon B.

Le fait que ces dépôts de cendres volcaniques soient très souvent transformés par érosion éluviale en sol arable en dix ans seulement, sous un climat chaud et pluvieux, s'explique suffisamment par leur texture perméable et la grande quantité d'éléments nutritifs qu'ils contiennent. En outre la surface active totale de leurs particules est extrêmement grande.

HARDON a analysé un certain nombre de cendres volcaniques fraîches et a observé un chiffre T (capacité d'échange) variant de 6 à 8 m e pour 100 g de cendres fraîches. MIDDELBURG a recueilli des cendres volcaniques fraîches portées par le vent pendant l'éruption du Gunung Merapi en 1930 et a séparé la fraction d'une taille inférieure à 20 microns. On a trouvé que le chiffre T s'élevait à 100 m e pour 100 g de cendres sèches, tandis que la même fraction de cendre fraîche transportée par l'eau avait un chiffre T de 41 m e par 100 g de fraction sèche.

La différence des capacités d'échange s'explique facilement par le fait que la matière poreuse, ayant un chiffre T élevé et une faible densité spécifique est séparée par l'eau courante du résidu qui a une densité spécifique plus élevée et une capacité d'échange bien plus faible ; la répartition effectuée par le vent est bien moins efficace que celle de l'eau courante.

MOHR et VAN BAREN citent en outre des données très intéressantes en ce qui concerne la composition minéralogique et le taux d'éléments nutritifs des cendres volcaniques.

Au tableau 3 sont résumées les analyses de deux sols de cendres volcaniques, formées à partir des cendres mentionnées au tableau 2 par douze ans d'érosion éluviale tropicale.

TABLEAU N° 3

|                                        | A <sub>1</sub> | B <sub>1</sub> |
|----------------------------------------|----------------|----------------|
| % particules > 2 mm                    | 0,0            | 0,2            |
| % » 2-0,05 mm                          | 63,0           | 49,9           |
| % » 0,05-0,005 mm                      | 20,7           | 34,2           |
| % » < 0,005 mm                         | 16,3           | 15,9           |
| % $P_2O_5$ solution 25 % HCl           | 0,100          | 0,147          |
| % $P_2O_5$ solution 2 % acide citrique | 0,024          | 0,115          |
| % $K_2O$ solution 25 % HCl             | 0,047          | 0,059          |
| % CaO » »                              | 0,730          | 0,878          |
| % MgO » »                              | 0,220          | 0,150          |
| pH/ $H_2O$                             | 6,6            | 6,5            |

Si l'on compare les données mentionnées au tableau 3 à celles du tableau 2, on voit que l'érosion éluviale tropicale a provoqué un changement considérable dans la texture et une diminution marquée du taux de calcium, tandis que celle des autres éléments nutritifs est moins visible. En apparence les taux de magnésium et de phosphate ont été augmentés par l'érosion, tandis que le taux de potassium n'a diminué que légèrement.

L'auteur a retrouvé la même tendance en analysant quatre sols volcaniques très jeunes, formés de cendres du Merapi et quatre sols identiques mais légèrement plus vieux. Tous ces sols étaient utilisés pour la culture du paddy.

Au tableau 4 on trouvera une récapitulation des moyennes de ces analyses, obtenues par la méthode Morgan-Venema.

TABLEAU N° 4

|                       | Sols de cendres irrigués très jeunes | Sols de cendres irrigués légèrement plus vieux |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| CATIONS :             |                                      |                                                |
| $K_2O$                | 40                                   | 30                                             |
| $NH_3$                | 0,4                                  | 3,5                                            |
| CaO                   | 3500                                 | 1450                                           |
| MgO                   | 125                                  | 140                                            |
| ANIONS :              |                                      |                                                |
| $P_2O_5$              | 1,4                                  | 7,5                                            |
| $NO_3$                | 50                                   | 26                                             |
| $SO_4$                | 21                                   | traces                                         |
| Cl                    | 22                                   | 7                                              |
| EROSION ALLUVIALE :   |                                      |                                                |
| pH/ $H_2O$            | 6,4                                  | 6,0                                            |
| pH/HCl                | 5,4                                  | 4,5                                            |
| Fe mobile             | 8,0                                  | 3,0                                            |
| Al mobile             | 2,0                                  | 5,0                                            |
| OXYDATION-RÉDUCTION : |                                      |                                                |
| Mn mobile             | 6                                    | 16                                             |

Le taux de potassium est légèrement diminué par l'érosion, tandis que le taux de calcium présente une baisse très accentuée accompagnée d'une diminution correspondante du pH. Le taux de magnésium et celui

du phosphate facilement utilisable sont accrus. La légère augmentation de l'oxydation-réduction est causée par l'irrigation et par l'augmentation de la quantité de la fraction la plus fine, comme le montrent les tableaux 2 et 3. Ces deux faits tendent à diminuer la perméabilité du sol, ce qui fait augmenter le taux d'ammoniaque et diminuer le taux de nitrate du sol.

Comme l'eau de source sur les pentes d'un volcan producteur de cendres absorbe des quantités considérables d'éléments nutritifs lessivés sur les dépôts de cendre situés plus haut, l'eau d'irrigation est riche en éléments nutritifs et a tendance à contrecarrer l'influence de l'érosion éluviale, l'eau d'irrigation étant elle-même un élément illuvial.

L'eau de source contient aussi beaucoup de composés azotés apportés par la pluie, les taux de nitrate et d'ammoniaque des sols irrigués sont ainsi accrus. La légère augmentation de l'oxydation-réduction, causée par l'eau d'irrigation, provoque une mobilisation notable du fer, en particulier pendant le premier stade d'érosion.

On peut facilement l'observer à l'œil nu, car toutes les eaux à la sortie des champs contiennent de grandes quantités de colloïdes d'hydroxyde de fer bruns ou bruns jaunâtres.

On a analysé des échantillons des mêmes sols que ceux du tableau 4, mais non irrigués cette fois, pour prouver la neutralisation de l'érosion éluviale par l'irrigation avec de l'eau riche en éléments nutritifs, l'influence de l'irrigation sur le taux de nitrate et d'ammoniaque du sol, son influence sur l'oxydation-réduction et sur la mobilisation du fer. Les résultats sont résumés au tableau 5.

TABLEAU N° 5

|                                     | Sols<br>de cendres<br>très jeunes<br>non irrigués | Sols<br>de cendres<br>non irrigués<br>légèrement<br>plus vieux |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>CATIONS :</b>                    |                                                   |                                                                |
| K <sub>2</sub> O .....              | 32                                                | 27                                                             |
| NH <sub>3</sub> .....               | traces                                            | traces                                                         |
| CaO .....                           | 1225                                              | 750                                                            |
| MgO .....                           | 125                                               | 135                                                            |
| <b>ANIONS :</b>                     |                                                   |                                                                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... | 5,0                                               | 6,0                                                            |
| NO <sub>3</sub> .....               | 4                                                 | 4                                                              |
| SO <sub>4</sub> .....               | traces                                            | traces                                                         |
| Cl .....                            | 12                                                | traces                                                         |
| <b>ÉROSION ÉLUVIALE :</b>           |                                                   |                                                                |
| pH/H <sub>2</sub> O .....           | 4,4                                               | 4,5                                                            |
| pH/HCl .....                        | 4,3                                               | 4,4                                                            |
| Fe mobile .....                     | 1,8                                               | 1,7                                                            |
| Al mobile .....                     | 3,2                                               | 4,0                                                            |
| <b>OXYDATION-RÉDUCTION :</b>        |                                                   |                                                                |
| Mn mobile .....                     | 2,5                                               | 5,0                                                            |

Si l'on compare le tableau 5 avec le tableau 4 il devient évident que tous les taux d'éléments nutritifs et le pH/H<sub>2</sub>O des sols irrigués sont plus élevés que ceux des sols correspondants non irrigués, ce qui démontre clairement l'influence d'un facteur illuvial tel que l'irrigation, sur le processus d'érosion éluviale tropicale. Dans les sols non irrigués, l'oxydation-réduction, c'est-à-dire le taux de manganèse mobile, est plus faible et en conséquence le taux de fer mobile bien moins élevé. Il faut insister sur ce point : la mobilisation du fer que l'on observe dans le premier stade d'érosion éluviale des sols de cendres tropicaux n'a rien à voir avec la forte mobilisation du fer, qui suit la mobilisation de l'aluminium au cours du dernier stade d'érosion éluviale, quand presque tous les éléments nutritifs ont été enlevés, le pH/H<sub>2</sub>O est descendu au-dessous de 4,0 et le chiffre T du sol est tombé

à 8-10 environ. Il faut noter en outre que le taux d'ammoniaque et de nitrate des sols non irrigués est bien plus faible que celui des sols irrigués. Sur les sols non irrigués presque tous les composés azotés apportés par la pluie et le vent sous forme d'aérosols sont lessivés.

Dans les champs de riz, sur sol de cendres volcaniques, le labourage a tendance à former une couche plus ou moins imperméable dans le sous-sol, ce qui protège en partie les composés azotés contre le lessivage.

Il est évident que les fractions les plus fines des énormes quantités de cendres volcaniques, transportées par le vent chaque année, contribuent de façon considérable aux taux d'aérosols de l'atmosphère. Le fait que ces effluents volcaniques ne contiennent pas de composés azotés, tandis que l'aérosol de l'atmosphère en est riche, prouve qu'il doit exister une autre source d'aérosols atmosphériques. Nous traiterons de ce sujet plus loin.

TABLEAU N° 6

| Profondeur en cm                    | A (pente) |       | A (pied) |        |
|-------------------------------------|-----------|-------|----------|--------|
|                                     | 0-35      | 35-85 | 0-40     | 40-80  |
| <b>CATIONS :</b>                    |           |       |          |        |
| K <sub>2</sub> O .....              | 12        | 6     | 30       | 12     |
| NH <sub>3</sub> .....               | 3,5       | 2,5   | 2,5      | 4,0    |
| CaO .....                           | 130       | 125   | 350      | 300    |
| MgO .....                           | 10        | 4     | 25       | 35     |
| <b>ANIONS :</b>                     |           |       |          |        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... | 0,5       | 0,6   | 3,5      | 8,0    |
| NO <sub>3</sub> .....               | 60        | 35    | 35       | 20     |
| SO <sub>4</sub> .....               | 150       | 300   | 80       | 100    |
| <b>ÉROSION ÉLUVIALE :</b>           |           |       |          |        |
| pH/H <sub>2</sub> O .....           | 4,8       | 4,5   | 5,9      | 5,6    |
| pH/KCl .....                        | 4,2       | 4,0   | 4,4      | 4,6    |
| Me mobile .....                     | traces    | 1,5   | traces   | traces |
| Al mobile .....                     | 45        | 45    | 28       | 10     |
| <b>OXYDATION-RÉDUCTION :</b>        |           |       |          |        |
| Mn mobile .....                     | 20        | 10    | 20       | 18     |

| Profondeur en cm                    | B (pente) |       | B (pied) |        |
|-------------------------------------|-----------|-------|----------|--------|
|                                     | 0-30      | 30-80 | 0-40     | 40-90  |
| <b>CATIONS :</b>                    |           |       |          |        |
| K <sub>2</sub> O .....              | 6         | 6     | 32       | 14     |
| NH <sub>3</sub> .....               | 4,0       | 2,5   | 2,5      | 4,0    |
| CaO .....                           | 125       | 150   | 360      | 280    |
| MgO .....                           | 10        |       |          |        |
| <b>ANIONS :</b>                     |           |       |          |        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... | 0,3       | 0,6   | 3,5      | 9,0    |
| NO <sub>3</sub> .....               | 50        | 35    | 35       | 20     |
| SO <sub>4</sub> .....               | 150       | 275   | 90       | 110    |
| <b>ÉROSION ÉLUVIALE :</b>           |           |       |          |        |
| pH/H <sub>2</sub> O .....           | 4,8       | 4,5   | 6,0      | 5,5    |
| pH/KCl .....                        | 4,3       | 4,0   | 4,5      | 4,5    |
| Me mobile .....                     | traces    | 1,5   | traces   | traces |
| Al mobile .....                     | 50        | 50    | 35       | 15     |
| <b>OXYDATION-RÉDUCTION :</b>        |           |       |          |        |
| Mn mobile .....                     | 20        | 9     | 25       | 20     |

L'influence de la richesse nutritive relative de la surface du sol, mentionnée ci-dessus, et l'effet néfaste de l'érosion sur la couche de surface sont illustrées par l'analyse de quelques pentes de collines érodées et des sols correspondants accumulés au pied de ces collines, analyses effectuées par l'auteur et citées par

DE GEUS. Les données sont résumées au tableau 6. Tous les résultats sont exprimés en ppm de la solution d'extraction.

Comme le montre le tableau 6, les sols correspondants au pied des collines sont bien plus riches en potassium, calcium, magnésium et phosphate. Ils ont en outre un pH bien plus élevé, tandis que leurs taux d'aluminium mobile et de manganèse mobile sont plus faibles.

Il faut noter que les sols érodés sur les pentes contiennent plus d'azote soluble dans l'eau que ceux du pied de la colline. Cela peut s'expliquer par le fait que la surface du sol des pentes absorbe bien plus de l'aérosol apporté par le vent et contenant de l'azote qu'au pied des collines.

SPRUIT a publié des données analogues à celles du tableau 6, se rapportant à un sol à *Cinchona* typique, situé à une altitude de 1.500 m.

On a fait de nombreuses analyses de l'eau de pluie. LIEBIG lui-même, un des premiers chercheurs agronomes sur la question, a remarqué l'importance de son taux d'azote.

SCHARRER et SHROPP (1920) ont mesuré des quantités annuelles d'azote allant de 10,7 à 19,5 kg d'azote/ha = 9,5 à 17,4 livres d'N/acre. MILLER mentionne de petites quantités de 3,7 à 5 kg. N/ha = 3,3 à 4,5 lb N/acre seulement, tandis que RAMANN mentionne des chiffres bien plus élevés, allant de 2,5 à 24 kg N/ha/an = 2,2 à 21,4 lb N/acre/an. Dans un certain nombre de publications américaines, les quantités annuelles varient de 4,8 à 21,5 kg N/ha = 4,3 à 19,2 lb N/acre.

Les recherches sur les pluies tropicales ont donné, pour une chute de pluie annuelle de 1.000 mm, = 39,4 pouces, 1,2 à 9 kg de  $\text{NO}_3$ /ha = 1,1 à 8 lb de  $\text{NO}_3$ /acre ainsi que 0,8 à 4,7 kg de  $\text{NH}_3$ /ha = 0,7 à 4,2 lb de  $\text{NH}_3$ /acre.

Selon KOCH une quantité annuelle de 16 kg de N/ha = 14 lb/acre ; 72 kg d' $\text{HNO}_3$ /ha = 64 lb d' $\text{HNO}_3$  à l'acre a été enregistré au Venezuela.

LEATHER a enregistré une quantité annuelle de 3,8 kg de N/ha = 3,4 lb N/acre à Dehra Dun et 3,6 kg N/ha = 3,3 lb de N/acre à Cawnpore.

CORBET a évalué la quantité annuelle d'azote apportée par les pluies en Malaisie à 10-12 kg N/ha = 9 à 11 lb N/acre, ce qui équivaut à 45-54 kg de  $\text{NO}_3$ /ha = 40 à 48 lb de  $\text{NO}_3$ /acre. KOCH a analysé la pluie tombée à Peradeniya pendant la période 1940-1941. La quantité annuelle de 2.994 mm = 118 pouces contenait 10,4 kg de  $\text{NH}_3$ /ha = 9,3 lb de  $\text{NH}_3$ /acre et 26,8 kg de  $\text{NO}_3$ /ha = 23,9 lb de  $\text{NO}_3$ /acre, ce qui équivaut à 13,8 kg d'azote total par hectare = 12,3 lb d'N total/acre. Ces résultats concordent avec ceux de CORBET.

BAMBER, qui a analysé les chutes de pluie à Peradeniya de 1898 à 1899, a observé des quantités annuelles plus faibles, c'est-à-dire 4,43 lb  $\text{NH}_3$ /acre = 5 kg  $\text{NH}_3$ /ha et 5,67 lb  $\text{NO}_3$ /acre = 6,4 kg  $\text{NO}_3$ /ha, ce qui équivaut à 4,9 lb d'N total/acre = 5,5 kg de N total/ha.

Mais la technique d'analyse utilisée par BAMBER a été critiquée par d'autres ; ses chiffres sont considérés comme bien trop faibles.

La Station expérimentale de Deli à Medan, Sumatra, a mesuré les chutes de pluie journalières et leur taux d'azote pendant la période de quinze ans. Les chiffres relatifs ont été publiés par ROELOFSEN. Pendant cette période, les quantités annuelles de pluie ont varié de 1.358 à 2.654 mm (= 53,46 et 104,49 pouces) tandis que la quantité d'azote fut de 16,7 à 46,8 kg/ha/an = 14,9 à 41,7 lb/acre/an. Si l'on tient compte du fait que le tabac de Deli est fertilisé avec 15 kg d'azote à l'hectare, que le tabac de Java reçoit 18 kg/ha d'azote inorganique et à peu près 30 kg/ha d'azote organique, tandis que la canne à sucre de Java reçoit 40 à 80 kg/ha d'azote inorganique, il ne faut pas négliger les quantités d'azote apportées par la pluie. Mesurées sur la côte est de Sumatra les chutes de pluies moyennes annuelles s'élevaient à 2.045 mm = 80,50 pouces contenant 30,4 kg d'azote total/ha/an = 27,1 lb/acre/an, ce qui équivaut à une quantité de 138 kg de nitrate/ha/an = 123 lb de nitrate/acre/an.

Généralement la quantité de nitrate des pluies tropicales dépasse celle de l'ammoniaque. Selon KOCH le rapport moyen d'ammoniaque/nitrate des pluies tom-

bées à Peradeniya pendant la période de mai 1940 à avril 1941 s'est élevé à 9,09 lb à l'acre de  $\text{NH}_3$ , 23,70 lb à l'acre de  $\text{NO}_3$  = 1/2,6. Le rapport le plus élevé fut 1/15, tandis que le plus faible fut 1/0,45 ; cela prouve qu'il existe de grandes différences des taux d'ammoniaque et de nitrate dans la pluie.

En général, on peut observer la plus forte quantité d'azote total apporté par les pluies tropicales, chaque fois qu'une période de sécheresse est suivie de fortes chutes de pluie.

La prépondérance du nitrate dans l'eau de pluie est plus forte quand les pluies sont accompagnées de forts orages.

En général quand la chute de pluie est faible l'eau de pluie contient une forte concentration d'ammoniaque et de nitrate, tandis qu'en période de pluies abondantes ces concentrations sont faibles.

En règle générale le taux de nitrite de l'eau de pluie est extrêmement faible ou même nul. Dans les pluies tropicales le rapport nitrate/ammoniaque est généralement plus élevé que dans les pluies de zones tempérées. Cela s'explique par la radiation ultra-violette plus forte dans l'atmosphère des tropiques, ce qui provoque l'oxydation de l'ammoniaque. La quantité plus élevée de décharges électriques dans cette atmosphère peut aussi jouer un rôle.

En ce qui concerne la distribution de l'ammoniaque et du nitrate pendant un an, des chiffres intéressants ont été publiés par CAPUS à Hanoï, cités par VAGELER, et résumés dans le tableau n° 7.

TABLEAU N° 7

| Mois       | Chutes de pluie en mm | $\text{NH}_3$ kg/ha | $\text{NO}_3$ kg/ha |
|------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 1 .....    | 15                    | 0,2                 | 0,3                 |
| 2 .....    | 25                    | 0,2                 | 0,3                 |
| 3 .....    | 60                    | 0,3                 | 1,1                 |
| 4 .....    | 90                    | 0,5                 | 2,1                 |
| 5 .....    | 150                   | 1,0                 | 3,0                 |
| 6 .....    | 240                   | 1,3                 | 5,3                 |
| 7 .....    | 305                   | 2,6                 | 8,0                 |
| 8 .....    | 320                   | 2,0                 | 7,7                 |
| 9 .....    | 240                   | 1,3                 | 3,2                 |
| 10 .....   | 135                   | 0,8                 | 3,0                 |
| 11 .....   | 45                    | 0,1                 | 0,2                 |
| 12 .....   | 20                    | 0,2                 | 0,3                 |
| Total .... | 1.645                 | 10,5                | 34,5                |

On a obtenu des données analogues d'après les chiffres publiés par KOCH sur les chutes de pluie de Peradeniya Ceylan. Les résultats de ces calculs sont abrégés au tableau 8.

TABLEAU N° 8

| Mois        | Chutes de pluies |       | $\text{NH}_3$ |       | $\text{NO}_3$ |       |
|-------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|             | inches           | mm    | lb/acre       | kg/ha | lb/acre       | kg/ha |
| 5 .....     | 29,53            | 745   | 0,42          | 0,47  | 2,61          | 2,93  |
| 6 .....     | 14,72            | 374   | 0,34          | 0,38  | 2,90          | 3,25  |
| 7 .....     | 3,21             | 82    | 0,11          | 0,12  | 0,36          | 0,40  |
| 8 .....     | 5,44             | 138   | 0,37          | 0,41  | 0,72          | 0,81  |
| 9 .....     | 9,10             | 131   | 1,35          | 1,52  | 1,84          | 2,06  |
| 10 .....    | 12,79            | 325   | 0,64          | 0,72  | 1,75          | 1,97  |
| 11 .....    | 16,03            | 407   | 2,23          | 2,50  | 2,77          | 3,11  |
| 12 .....    | 7,28             | 185   | 1,21          | 1,36  | 0,65          | 0,73  |
| 1 .....     | 3,80             | 97    | 0,96          | 1,08  | 0,89          | 1,00  |
| 2 .....     | 2,69             | 66    | 0,17          | 0,19  | 2,29          | 2,57  |
| 3 .....     | 5,92             | 150   | 1,09          | 1,22  | 5,87          | 6,57  |
| 4 .....     | 7,84             | 199   | 0,20          | 0,22  | 1,07          | 1,20  |
| Total ..... | 118,25           | 2.999 | 9,09          | 10,19 | 23,73         | 26,60 |

Bien que la chute de pluie moyenne à Peradeniya soit plus forte qu'en Indochine, et le taux d'azote dans l'eau de pluie moins élevé, les quantités annuelles par unité de surface sont presque les mêmes et la tendance des chiffres est identique à celle que CAPUS a mentionné.

Il faut insister sur le point suivant : la quantité totale annuelle d'azote reçue par le sol peut être bien plus élevée que celle apportée par la pluie. Cela provient de ce que le sol reçoit aussi des composés azotés sous forme d'aérosols de l'air. Ce genre d'absorption dépend de la couverture végétale ; un hectare de plants de maïs de 1,80 m de haut, espacés à distance normale, a une superficie foliaire de plus de 5 hectares.

WALTER mentionne les surfaces foliaires suivantes par unité de surface de sol occupée par diverses récoltes (tableau 9).

TABLEAU N° 9

| Récolte                              | Surface foliaire<br>en ha |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Maïs (mai-juillet) .....             | 7-11                      |
| Pommes de terre (juillet) .....      | 7                         |
| Maïs (juillet, très peu espacé) .... | 22                        |
| Pâturage (coupé très court) .....    | 12                        |
| Buissons .....                       | 6                         |
| Bois, arbres à feuilles caduques ..  | 6-9                       |
| Bois, conifères .....                | 12                        |

A ce sujet il faut noter les résultats d'une expérience faite par INGHAM, qui a mesuré la quantité d'éléments nutritifs apportés par la pluie et par l'eau qui s'écoule d'un arbre exposé à cette pluie (tableau 10).

TABLEAU N° 10

| Eléments nutritifs                  | Pluie |         | Gouttes tombant<br>de l'arbre |         |
|-------------------------------------|-------|---------|-------------------------------|---------|
|                                     | kg/ha | lb/acre | kg/ha                         | lb/acre |
| (Ammoniac) N. ....                  | 12,0  | 10,7    | 32,1                          | 28,6    |
| (Nitrate) N. ....                   | 1,3   | 1,2     | 1,2                           | 1,1     |
| CaO .....                           | 121,4 | 108,3   | 378,9                         | 338,0   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ..... | 4,7   | 4,2     | 24,7                          | 22,0    |

Cette expérience a été poursuivie pendant douze mois au cours desquels 49 pouces = 1.245 mm de pluies sont tombés.

La forte quantité d'éléments nutritifs contenus dans l'eau s'égouttant de l'arbre peut être attribuée à l'exsudation de la substance foliaire elle-même. Cela a été contrôlé en lavant à l'eau distillée chaque semaine pendant dix semaines un bouquet de feuilles d'un arbre toujours vert, non Légumineuse, encore attachées à l'arbre, et en traitant de façon semblable un bouquet de feuilles artificielles faites de papier filtre pur, contenues dans une cage de verre et suspendues au même arbre. Les feuilles artificielles ont absorbé 40 % de plus d'azote total que les feuilles naturelles, mais seulement la moitié de la quantité de calcium et de phosphore. De sorte qu'une partie du calcium et du phosphore mentionnés au tableau 10 dans la colonne « eau s'égouttant des arbres » peut être une exsudation de la substance foliaire elle-même, mais on peut considérer le gain en azote comme réel. Cette observation est intéressante en ce qui concerne le fait que les sols de la jungle tropicale, formée d'arbres non Légumineuse, accumulent souvent des quantités considérables d'ammoniaque et de nitrate.

### III

## BIBLIOGRAPHIE ANALYTIQUE

### SOL

#### Etudes régionales de pédologie

16-95

DUTIL (P.). — Les sols sahariens et leur utilisation. *Industries et Travaux d'outre-mer*. Paris, 1961 (avril), an. 9, n° 89, p. 315-9, cart., phot.

L'essor industriel récent de certaines régions sahariennes doit s'accompagner d'un développement agricole ; l'A. se propose d'examiner les possibilités offertes à l'agriculture par les sols sahariens.

L'évolution des sols sahariens est due principalement à des processus climatiques : vent, température, humidité.

Les vents de sable ont une action érosive intense : les variations énormes de température et les condensations nocturnes contribuent à la désagrégation des roches. Il ne reste en surface que les roches les plus dures, quartz principalement.

Le climat actuel aride dure sans doute depuis le quaternaire ; avant on pense qu'il y a eu deux périodes humides, qui ont donné des nappes alluviales ; le sol squelettique montre sur les points hauts la roche mère à nu, les produits d'érosion s'accumulent dans les points bas selon une sélection granulométrique.

En général seuls les sols issus des dernières phases humides sont dignes d'intérêt.

La hauteur d'eau est nulle ou faible (0 à 30 mm) et l'évaporation élevée (2,5 m/an), l'irrigation est donc indispensable. Les eaux du Sahara sont souvent salines,

ce qui provoque des concentrations de sel au niveau des racines du fait de l'irrigation et de l'évaporation ; on a estimé qu'une palmeraie de l'oued Rhir recevait 50 t de sel par an à l'hectare.

Il faut donc drainer les sols irrigués et pouvoir évacuer les eaux de drainage, sinon on provoque la création de chott ; le choix des terrains et leur texture sont donc primordiaux.

Quelques grandes zones ont été reconnues utilisables :

MASSIF CENTRAL SAHARIEN (HOGGAR), où il n'y a pas de grandes possibilités d'irrigation, mais une multitude de petits travaux locaux destinés à consommer ou recueillir l'eau existante.

TIDIKELT. La nappe du Continental intercalaire offre un grand intérêt ; l'utilisation du gaz pourrait fournir une énergie à bon marché pour le pompage.

TANEZROUFT. Les sols conviendraient à la culture, mais les réserves hydrauliques ne sont pas encore connues.

BAS-SAHARA. C'est la région la plus favorisée, où les forages artésiens donnent des débits intéressants ; les sols irrigables et drainables peuvent être trouvés facilement en comptant un débit nécessaire de 30 à 50 l/m/ha ; quinze forages artésiens fonctionnent.

SAHARA OCCIDENTAL dépourvu de ressources aquifères. Quant à la possibilité d'épandage ou de régularisation des eaux de ruissellement, on peut la réaliser dans les confins nord et sud (vallée de la Saoura : 15.000 ha irrigables oued Djeddi, oued Draa). Au sud, le Niger aux hautes eaux pourrait être utilisé entre Gao et Tombouctou sur les alluvions récentes, le reste de cette zone étant sans intérêt du fait d'une cuirasse ferrugineuse.

## Potentiel des sols. Sa correction

16-96

MELLO (F. A.), BRASIL SOBR (M. C.). — **Efeitos da incorporação de resíduos de mucuna preta. *Crotalaria juncea* e feijão baiano. II. Influência sobre o teor de  $\text{Ca}^{++}$  trocável do solo. III. Relação  $\text{Ca}^{++}$  trocável x produção de arroz.** (Effets de l'incorporation au sol de résidus de *Stylobium atterrimum*, de *Crotalaria juncea* et de *Vigna sesquipedalis*. II. Influence sur la teneur en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable. III. Rapport entre le  $\text{Ca}^{++}$  échangeable et la production de riz). *Rev. de Agricultura* (Piracicaba), 1960 (déc.), vol. XXXV, n° 4, p. 249-55, bibliographie de sept références.

Des résidus de *Stylobium atterrimum*, Pir. et FRACC, de *Crotalaria juncea* L. et de *Vigna sesquipedalis* W. F. WIGHT, ont été incorporés, dans des conditions de laboratoire, à de la terre de vases où du riz était cultivé. Après la récolte du riz, la terre a été retirée des vases et on a dosé le  $\text{Ca}^{++}$  échangeable, suivant la méthode de Catani et col., utilisant l'oxalate d'ammonium.

Les observations suivantes ont pu être effectuées :

Les résidus qui conféraient au sol des teneurs en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable statistiquement supérieures à celles des témoins avaient aussi donné lieu à une production de matériel végétatif plus importante.

Les résidus n'ayant pas augmenté, par rapport au témoin, la production de riz, ne conféraient pas au sol un taux plus élevé de  $\text{Ca}^{++}$  échangeable que celui du témoin, ni un plus grand poids de matériel végétatif.

Les résultats ont été les suivants :

Les résidus de *Stylobium atterrimum* coupés à l'âge de quarante-cinq et cent vingt jours, de *Crotalaria juncea* et de *Vigna sesquipedalis* coupés à quarante-cinq jours ont conféré au sol une plus grande teneur en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable, en même temps qu'ils ont donné une production de riz plus importante. Aucun résidu des végétaux coupés à l'âge de quatre-vingt-neuf jours n'a donné de résultats statistiquement supérieurs à ceux du témoin, pas plus que *C. juncea* et *V. sesquipedalis* à l'âge de cent vingt jours.

Il y a une corrélation positive au niveau de 0,1 % entre les teneurs en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable trouvées dans le sol des différents traitements et les productions respectives de riz.

19-97

PAGEL (H.), LE VAN CAN. — **Beitrag zur Kenntnis des Nährstoffhaushalts tropischer Boden der Demokratischen Republik Vietnam.** (Teneur en éléments nutritifs des sols tropicaux de la République du Nord Vietnam). *Albrecht-Thaer-Archiv*, Berlin, Bands 5, Heft 5, 1961, p. 355-74, tabl., bibliographie de onze références \*.

1) Les terres rouges tropicales ont une teneur totale en acide phosphorique de 0,15 à 1,2 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dont 0 à 1,5 % seulement en moyenne est assimilable par les plantes. Les terres noires tropicales de la République du Nord Vietnam ont des propriétés analogues.

Pour les sols alluviaux, la teneur totale baisse avec le vieillissement, alors que le degré de mobilité de l'acide phosphorique augmente.

2) Ce sont les solutions tamponnées, telles que le lactate, qui semblent le plus indiquées comme réactifs chimiques pour déterminer le taux d'acide phosphorique assimilable par les plantes dans le sol. Pour l'interprétation des résultats, il convient de tenir compte du pH du sol.

\* Cette bibliographie est très incomplète.

3) Le pouvoir d'adsorption des sols tropicaux pour l'acide phosphorique est largement supérieur à celui des sols européens. La terre rouge sur calcaire (?) adsorbe dans les conditions données, 13 à 83 t, et la terre rouge sur basalte 104 à 127 t de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ .

L'importance du pouvoir d'adsorption est influencée par le degré d'allitisation et le pH du sol.

4) 66 à 95 % de l'acide phosphorique retenu adsorbé est fixé dans le cas de la terre rouge sur basalte.

La fraction d'acide phosphorique fixé ainsi que le besoin en engrais phosphaté croissent avec l'augmentation du pouvoir d'adsorption du phosphore.

5) L'emploi d'engrais vert et de plantes de couverture appropriées permet : de mobiliser une partie de l'acide phosphorique du sol difficilement soluble, d'utiliser l'acide phosphorique des phosphates naturels riches en Al et en Fe, et d'enrichir le sol en quantités importantes d'azote.

6) On peut obtenir des augmentations de rendement sur des sols riches en acide phosphorique en plongeant au moment du repiquage les racines de riz dans une solution de superphosphate.

7) Le degré de saturation des terres rouges étudiées en potassium s'élève en moyenne à 1,5 % ; la terre rouge sur calcaire a une plus faible teneur en potassium échangeable que la terre rouge sur basalte.

8) Le rapport des quantités de potassium et de phosphore fixées dépend de la concentration des solutions employées (en liaison avec la fraction argileuse) et varie de 1 : 3 à 1 : 90.

16-98

BORASIO (L.). — **Sintesi delle esigenze nutritive e fertilizzanti della pianta del riso.** (Synthèse des exigences du riz en éléments nutritifs). *Annali*, (Vercelli), 1956, vol. IV, p. 47-52.

En se basant sur les pourcentages d'éléments nutritifs présents dans le paddy et la paille de riz, on a calculé les quantités d'éléments puisés dans le sol et ensuite les unités totales d'engrais nécessaires pour restituer au sol sa fertilité : 141 kg de N, 119 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  et 131 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  pour une production de 50 q/ha de paddy ; 169 kg de N, 143 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  et 158 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  pour 60 q/ha de paddy ; 197 kg de N, 167 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  et 185 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  pour 70 q/ha de paddy.

Il est facile d'évaluer la quantité d'engrais chimiques à épandre lorsqu'on sait que : 37 à 49 q/ha de chaumes à 14 % d'humidité apportent au sol 21-28 kg de N, 10-13 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 22-29 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ , 10-14 q de C ; 100 à 200 q/ha de fumier de ferme équivalent à 50-100 kg de N, 20-40 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 40-80 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  et 8,5-17 q de C ; 100 à 200 q/ha d'engrais vert (trèfle) donnent au sol 50-100 kg de N, 15-30 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 57-114 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ , 8-16 q de C.

Le système de fumure le plus rationnel consiste à épandre les deux tiers des engrais au moment du semis et le troisième tiers après le désherbage de la rizière.

## PHYTOLOGIE

### Ecologie

16-99

BENNET (M. K.). — **A world map of foodcrop climates.** (Carte mondiale des climats agricoles). Food Research Institute Studies, Stanford University, Stanford, Californie, 1960, p. 285-95, 2 cartes, bibliographie de dix-sept références.

Ces deux cartes, qu'accompagne un texte de quelques pages, ne sont pas un instrument de travail à l'usage des spécialistes mais constituent un excellent document utile aux étudiants, aux économistes et aux

géographes. La première carte (en noir) donne un tableau des régions du globe propices à une quelconque agriculture et de celles qui, en raison des conditions climatiques défavorables : froid, sécheresse..., sont impropres à toutes activités agraires. Si l'importance des régions polaires est bien connue à cet égard, celle des régions arides l'est peut-être moins. Le Sahara, l'Arabie, de vastes régions de l'Europe et de l'Asie Centrales et enfin de l'Australie forment de vastes territoires à soustraire des surfaces cultivables.

La deuxième carte (en couleurs) indique à son tour quels sont les différents types de climats des régions cultivables. La pluviométrie annuelle, le régime des pluies et la température permettent de distinguer dix-huit climats différents.

Ces cartes sont d'une grande finesse d'exécution. Cependant on peut regretter que les oasis du Nil, sur lesquelles repose la vie de toute une nation, n'aient pas été indiquées. Enfin les travaux de bioclimatologie de GAUSSEN et de nombreux autres auteurs, auraient mérité d'être consultés par l'A.

### 16-100

ORMROD (D. P.). — **Photosynthesis rates of young rice plants as affected by light intensity and temperature.** (Degrés de photosynthèse des jeunes plants de riz en rapport avec l'intensité de la lumière et la température). *Agron. J.* (Madison), 1961 (mars-avril), vol. 53, n° 2, p. 93-5, graph. bibliographie de quatre références.

La variabilité du temps ralentit la croissance du riz, en retardant l'émergence et le tallage. On s'est demandé si les causes de ce ralentissement n'étaient pas dues aux faibles températures ou aux périodes de réduction d'intensité lumineuse.

On a soumis des plants de riz, de trois semaines et demie à cinq semaines, à des intensités lumineuses de 0 à 540  $\mu$  par  $m^2$  et à des températures de 4,4° C, 15,6° C et 26,7° C. Les doses de  $CO_2$  échangées sont mesurées avec un analyseur infrarouge.

Les résultats montrent que les faibles températures ne sont pas particulièrement défavorables au degré de photosynthèse du riz et qu'il y a un net gain de  $CO_2$ , même à une température de 4,4° C avec une faible intensité lumineuse. Les faibles températures, auxquelles les plants ont été soumis, semblent avoir fait quelque peu bénéficier d'un gain photosynthétique plus tardif quand les plants ont été soumis plus tard à des températures plus élevées et à une haute intensité lumineuse. Il est donc peut-être souhaitable d'avoir de faibles températures dans les champs : pendant la nuit pour avoir de faibles pertes respiratoires de  $CO_2$  et à l'aube pour obtenir des gains photosynthétiques avec de faibles intensités lumineuses et pour avoir une action bénéfique d'une photosynthèse plus tardive à de hautes températures.

La photosynthèse est seule affectée par la lumière. Une faible intensité lumineuse a peu d'influence sur la photosynthèse aussi longtemps que les températures demeurent faibles. De longues périodes de températures plus élevées avec une faible intensité lumineuse peuvent davantage agir sur l'absorption ou le rejet du  $CO_2$  par les plants. Il peut y avoir de considérables pertes d'hydrates de carbone, avec diminution dans le poids sec et peut-être dans l'apparente vigueur des plants.

Les faibles températures, avec ou sans faible intensité lumineuse, ne diminuent pas sérieusement les taux de photosynthèse.

Il semble que la photosynthèse soit appréciable dès 4,4° C et généralement la plus élevée à 15,6° C. Le taux le plus bas de photosynthèse à 26,7° C semble être dû à une respiration beaucoup plus élevée qu'à 15,6° C. Le point de compensation est d'environ : 13,5  $\mu/m^2$  à 4,4° C ; 36  $\mu/m^2$  à 15,6° C et 136  $\mu/m^2$  à 26,7° C.

## Botanique

### 16-101

LEA (J. D.). — **Studies on the depth and rate of root penetration of some annual tropical crop.** (Etude de la profondeur et de la vitesse de pénétration des racines de quelques plantes tropicales). *Tropical Agriculture*, Londres, vol. 38, n° 2, 1961 (avril), p. 93-105, 8 fig., bibliographie de neuf références.

La profondeur et la vitesse de pénétration des racines de certaines plantes tropicales annuelles ont été mesurées à Tozi (Soudan) et Kongwa (Tanganyika).

A Kongwa le sol est un limon sableux à 23 % d'argile (kaolinite) et à Tozi une argile alcaline à 71 % d'argile (montmorillonite). Les climats y sont semi-arides avec une seule saison pluvieuse d'environ cinq mois et des pluies de 500 mm à Kongwa et de 675 mm à Tozi.

A Kongwa, les racines de l'arachide, du coton et du ricin s'étendent à travers toute la hauteur du profil et entrent dans la cuirasse ferrugineuse sous-jacente située à 1,50 à 2,10 m de profondeur, les racines de l'arachide pénètrent à une vitesse moyenne de 4,3 cm par jour pendant les cinquante premiers jours et ensuite plus lentement, 0,5 à 1,5 cm/jour lorsqu'elles approchent la roche. Au moment de l'accumulation maximum de matière sèche dans les fruits, soixante-cinq à quatre-vingts jours après le semis presque toutes les extrémités radiculaires ont pénétré dans la roche ferrugineuse ou le gneiss.

Sur les argiles lourdes de Tozi, la pénétration dans le sol des eaux de pluies est lente et les racines des arachides, du coton, du sorgho suivent le front de pénétration de l'humidité. Le maximum de profondeur atteint par les racines dans cette localité était de 1,05 m.

## Chimie

### 16-102

ROW (V. V.), SANFORD (W. W.), HITCHCOCK (A. E.). — **Indole-3-acetyl-D, L-aspartic acid as a naturally occurring indole compound in tomato seedlings.** (Apparition naturelle de l'acide indole-3-acétyl-D, L-aspartique comme composé indole sur les jeunes plants de tomates). *Contributions from Boyce Thompson Inst.* (New-York), 1961 (janv-mars), vol. 21, n° 1, p. 1-10, fig., tabl., graph., bibliographie de onze références.

On trouve dans les extraits éthanoliques des jeunes plants de tomates de trente jours une substance Ehrlich positive, chromatographiquement identique à l'acide synthétique indole-3-acétyl-D, L-aspartique (IAAP). Il n'y a pas d'acide indole-3-acétique (IAA) dans le même extrait. Des extraits de plants de tomates pré-traités avec (IAA) ou avec un acide l-naphthalénacétique contiennent de l'(IAA) et beaucoup plus de (IAAP) que les extraits des plants témoins. Ce fait est sans doute le premier rapport de l'apparition naturelle de (IAAP) dans les plants. ANDREAE et ses collaborateurs ont trouvé de l'(IAAP) dans des plants pré-traités avec (IAA), mais non dans les plants-témoins de douze espèces, en y incluant la tomate. Les résultats tendent à suggérer que le rôle possible de (IAAP) dans un métabolisme normal pourrait être trouvé, spécialement dans les plants qui ont différents besoins photoinductifs au moment de la floraison.

# ACTES OFFICIELS

---

## COOPÉRATION TECHNIQUE OU CULTURELLE

*Décret* n° 61-421 du 2 mai 1961 portant règlement d'administration publique pour la fixation de certaines dispositions statutaires applicables aux fonctionnaires de l'Etat et aux magistrats de l'ordre judiciaire détachés hors du territoire européen de la France pour l'accomplissement d'une tâche de coopération technique ou culturelle (p. 4116).

*Décret* n° 61-422 du 2 mai 1961 portant définition du régime des rémunérations applicable à certaines catégories de personnels exerçant des tâches de coopération technique ou culturelle dans les Etats de la Communauté et certains Etats étrangers (p. 4118).

*Arrêté* du 2 mai 1961 fixant les conditions d'application du décret n° 61-421 portant règlement d'administration publique pour la fixation de certaines dispositions statutaires applicables aux fonctionnaires de l'Etat et aux magistrats de l'ordre judiciaire détachés hors du territoire européen de la France pour l'accomplissement d'une tâche de coopération technique ou culturelle (p. 4120).

*Arrêté* du 2 mai 1961 fixant, en application de l'article 4 du décret n° 61-422 du 2 mai 1961, la classification des emplois et fonctions de coopération technique ou culturelle (p. 4120).

*Arrêté* du 2 mai 1961 fixant les niveaux de rémunération prévus à l'article 5 du décret n° 61-422 du 2 mai 1961 (p. 4121).

*Arrêté* du 2 mai 1961 fixant, en application de l'article 6 du décret n° 61-422 du 2 mai 1961, les index de majoration pour sujétions inhérentes à la coopération technique ou culturelle dans divers Etats (p. 4121).

*Arrêté* du 2 mai 1961 fixant, en application de l'article 6 du décret n° 61-422 du 2 mai 1961, les index de majoration pour sujétions inhérentes à la coopération technique ou culturelle dans les Etats du Cameroun et du Togo (p. 4122).

*Arrêté* du 2 mai 1961 relatif à la création et au fonctionnement de la commission prévue à l'article 7 du décret n° 61-422 du 2 mai 1961 chargée de formuler un avis sur la revision des coefficients de correction applicables au calcul des rémunérations des personnels en service dans certains Etats au titre de la coopération technique ou culturelle (p. 4122).

*Arrêté* du 2 mai 1961 relatif à la création et au fonctionnement de la commission prévue à l'article 7 du décret n° 61-422 du 2 mai 1961 chargée de formuler un avis sur la revision des coefficients de correction applicables au calcul des rémunérations des personnels en service dans les Etats du Cameroun et du Togo au titre de la coopération technique ou culturelle (p. 4123).

Journal Officiel de la République Française. Paris  
1961 (jeudi 4 mai), quatre-vingt-treizième année, n° 106

## ORGANISATION DES SERVICES

**Décret n° 61-632 du 20 juin 1961 portant application de la loi du 2 août 1960 sur l'enseignement et la formation professionnelle agricoles.**

Journal Officiel de la République Française. Paris  
1961 (mercredi 21 juin), p. 5559-75